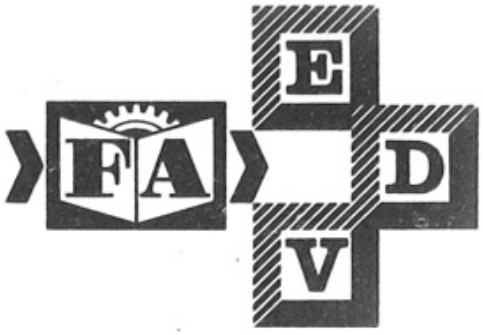
FERNSEHKURS DES DEUTSCHEN FERNSEHFUNKS



Themenkomplex 3/1

Aufbau und Arbeitsweise einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage

Verlag Die Wirtschaft Berlin

Die Broschüre
entstand unter Verwendung
der Autorenmanuskripte des Fernsehkurses
"Elektronische Datenverarbeitung"

Lektion 8 von Reinhard Bischof, Karl-Marx-Stadt
Lektion 9 von Reinhard Bischof, Karl-Marx-Stadt
und Klaus Brinkel, Karl-Marx-Stadt
Lektion 10 von Dr. Jürgen Meinhardt, Dresden
und Reinhard Bischof, Karl-Marx-Stadt
und Manfred Winkler, Berlin

Die Überarbeitung
für die Veröffentlichung besorgten:

Klaus Bausdorf, Berlin
Ing. Egon Hofmann, Dresden

Lektor: Dipl.-Hdl. Renate Eyraud

Redaktionsschluß:
1. März 1969

Verlag Die Wirtschaft, 1055 Berlin, Am Friedrichshain 22
1969 veröffentlicht · Lizenz-Nr. 122 · Druckgenehmigungs-Nr. 195/168/69
Alle Rechte vorbehalten
Schreibsatz: Verlag Die Wirtschaft, Berlin
Druck: Druckerei Tribüne, Berlin
ES 21 A · 0,90

Inhaltsverzeichnis

LEKTION 8

Die Struktur einer Datenverarbeitungsanlage

1. Einleitung 4
2. Das Gerätesystem einer EDV-Anlage 6
3. Das Gerätesystem der EDV-Anlage Robotron 300 8
4. Die Systemunterlagen einer EDV-Anlage 13

LEKTION 9

Der Aufbau und die Arbeitsweise des Rechenwerks

1. Einleitung 18
2. Einige Vorbemerkungen zur Zahlendarstellung 19
3. Das Rechenwerk 21
4. Abschließende Bemerkungen 28

LEKTION 10

Der Hauptspeicher und das Steuerwerk

1. Einleitung 30
2. Der Hauptspeicher 31
3. Das Steuerwerk 38

LEKTION

8

Die Struktur einer Datenverarbeitungsanlage

1. Einleitung

2. Das Gerätesystem einer EDV-Anlage

2.1. Die Zentraleinheit
2.1.1. Der Hauptspeicher
2.1.2. Das Rechenwerk
2.1.3. Das Steuerwerk
2.2. Die Bedieneinrichtung
2.3. Die externen Geräte

3. Das Gerätesystem der EDV-Anlage Robotron 300

3.1. Der Robotron 300 – eine Entwicklung aus der DDR
3.2. Die Gerätezusammensetzung
3.3. Die Zentraleinheit
3.4. Die externen Geräte
3.4.1. Die externen Ein- und Ausgabegeräte
3.4.2. Die externen Speichergeräte

4. Die Systemunterlagen einer EDV-Anlage

4.1 Der Informationsfluß
4.2. Der interne Befehlsaufbau
4.3. Der Maschinencode
4.4. Die maschinenorientierten Programmiersprachen
4.5. Die problemorientierten Programmiersprachen
4.6. Die Programmbibliothek

1. Einleitung

Die Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung in unserer Deutschen Demokratischen Republik ist ein fester Bestandteil der Entwicklung des gesellschaftlichen Systems des Sozialismus. Die elektronische Datenverarbeitung ermöglicht vor allem eine effektive Realisierung der Informationsverarbeitung und die Lösung wissenschaftlicher Probleme, die mit einem hohen Rechenaufwand verbunden sind. Als Bestandteil der marxistisch-leninistischen Organisationswissenschaft trägt sie mit der Operationsforschung und der ökonomischen Kybernetik dazu bei, ein hohes Niveau der Produktion und der wissenschaftlichen Führungstätigkeit zu sichern. Mit dieser Lektion beginnen wir den Themenkomplex, der sich speziell mit dem Aufbau und der Arbeitsweise einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage befaßt. Ziel dieser Lektion ist es, einen Gesamtüberblick zu geben, der in den folgenden Lektionen speziell für die einzelnen Geräte erweitert und vertieft wird.

Das Zusammenwirken der einzelnen Geräte einer EDV-Anlage geht nicht willkürlich vor sich, sondern es erfolgt nach bestimmten Regeln und Vorschriften. Zum besseren Verständnis der Arbeitsweise einer EDV-Anlage gliedern wir die Lektion deshalb in zwei Abschnitte:

- die körperlich zur EDV-Anlage gehörenden Geräte einschließlich der einzelnen Baugruppen und Bauelemente – wir wollen dafür den Begriff "Gerätetechnik" verwenden;
- die aus Befehlen zusammengesetzten Programme sowie die Organisationsunterlagen, die wir mit "Systemunterlagen" bezeichnen wollen.

Beide Teile, die Gerätetechnik und die Systemunterlagen, bestimmen den Gebrauchswert einer EDV-Anlage.
Um das Verständnis der Gesamtfunktion einer EDV-Anlage zu erleichtern, wollen wir von der Arbeitsweise eines Menschen ausgehen, der sich bei der Durchführung von Rechenoperationen einiger technischer Hilfsmittel bedient.

Ein Beispiel soll das erläutern:

Anhand des geplanten Ausstoßes an Fertigerzeugnissen soll die Anzahl der zu fertigenden Baugruppen und Einzelteile für einen Planungszeitraum berechnet werden.
Der Bearbeiter verfügt über eine Tischrechenmaschine, einen Notizblock, um bestimmte Zwischenergebnisse zu speichern, einen Vordruck mit den Ausgangsdaten und einen Vordruck für die Endergebnisse, der auch die Vorschriften über die durchzuführenden Operationen enthält.

Eine Analyse des Arbeitsablaufs läßt folgende Teilfunktionen erkennen:

1. Der Bearbeiter überträgt die Ausgangsdaten durch Eintasten in die Tischrechenmaschine.
   - Eingabefunktion
2. Danach löst er nach Vorschrift die Rechenoperationen aus.
   - Steuerfunktion
3. Die Tischrechenmaschine führt die Rechenoperation durch.
   - Rechenfunktion
4. Der Bearbeiter notiert die Zwischenergebnisse zur weiteren Verwendung auf dem Notizblock.
   - Speicherfunktion
5. Die Endergebnisse überträgt der Bearbeiter in den Vordruck für Endergebnisse.
   - Übertragungsfunktion

Vergleichen wir nun diesen Arbeitsablauf mit der Arbeitsweise einer EDV-Anlage.

LEKTION 8

Der Tischrechenmaschine entspricht das Rechenwerk der EDV-Anlage, den Vordrucken und dem Notizblock der Hauptspeicher. Die Funktion des Menschen wird vom Steuerwerk und den Ein- und Ausgabegeräten übernommen. Die EDV-Anlage kann jedoch nur arbeiten, wenn der Arbeitsablauf in der Anlage durch ein vom Menschen aufgestelltes Programm vorgegeben ist.
Die zu verarbeitenden Daten und das Programm für den Rechenverlauf werden, umgesetzt in elektrische Impulse, durch Eingabegeräte im Hauptspeicher der EDV-Anlage gespeichert. Von hier werden alle Daten entsprechend dem Programm durch das Steuerwerk abgerufen und dem Rechenwerk zugeführt, welches die Daten verarbeitet.
Zwischen- und Endergebnisse werden im Hauptspeicher wieder abgespeichert. Das Steuerwerk lenkt den Gesamtablauf des Prozesses entsprechend den in dem Programm enthaltenen Befehlen. Die Ergebnisse der Rechenoperation werden schließlich durch Ausgabegeräte ausgegeben.

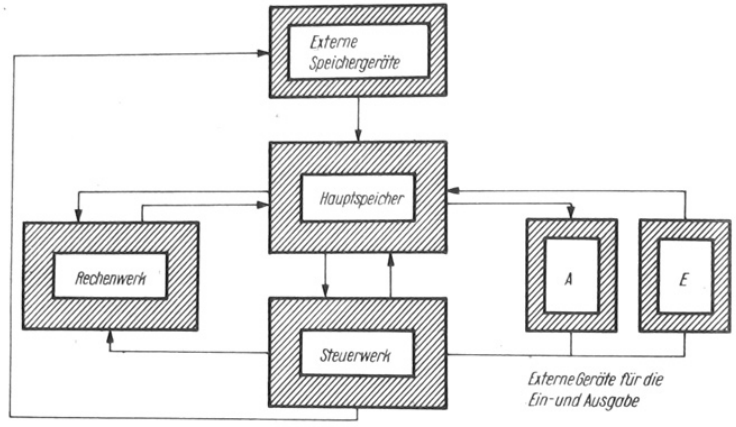


Abbildung 1
Blockschaltbild einer EDV-Anlage

2. Das Gerätesystem einer EDV-Anlage

2.1. Die Zentraleinheit

Zur Zentraleinheit einer EDV-Anlage gehören der Hauptspeicher, das Rechenwerk und das Steuerwerk.

2.1.1. Der Hauptspeicher

Der Hauptspeicher, auch Arbeitsspeicher oder interner Speicher genannt, speichert Ausgangsdaten, Zwischenergebnisse, Befehle und Endergebnisse. Er ist sozusagen das Gedächtnis der EDV-Anlage.

Damit die gespeicherten Daten für eine spätere Weiterverarbeitung wieder auffindbar sind, muß der Speicher adressierbar sein. Dazu ist er in Speicherzellen unterteilt. Jede Speicherzelle ist durch eine Ordnungsnummer, die Adresse, gekennzeichnet. Nur so ist es möglich, die benötigten

Daten im Hauptspeicher aufzufinden oder das Ergebnis einer durchgeführten Operation abzuspeichern.
Wichtigste Parameter des Hauptspeichers sind die Zugriffszeit und die Kapazität.

LEKTION 8

Unter Zugriffszeit verstehen wir die benötigte Zeitspanne für das Aufsuchen der Speicherzellen, das Entnehmen der Daten und deren Transport bis zur weiteren Verwendung. Sie liegt im Bereich weniger Mikrosekunden.
Die Kapazität des Hauptspeichers hängt von der Art und dem vorgesehenen Einsatzgebiet ab. Sie kann 1 Million Zeichen betragen.

Daneben werden noch andere Forderungen an einen Hauptspeicher gestellt, wie
- niedrige Herstellungskosten,
- große Betriebssicherheit,
- geringer Raumbedarf.

2.1.2. Das Rechenwerk

Im Rechenwerk einer EDV-Anlage werden die arithmetischen Operationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) und andere Operationen (logische Verknüpfungen) ausgeführt.
Wie wir aus den Lektionen über mathematische und technische Grundlagen bereits wissen, lassen sich alle rationalen Rechenoperationen mit Hilfe der Addition lösen.

Das Addierwerk ist das Kernstück des Rechenwerkes.

Es besteht aus elektronischen Bauelementen. Die zu verarbeitenden Daten, Operanden genannt, werden dem Rechenwerk aus dem Hauptspeicher der EDV-Anlage zugeführt. Nach Ausführung der Operation werden die ermittelten Ergebnisse wieder in den Hauptspeicher überführt und abgespeichert.

Eine Rechenoperation wird in 3 Schritten ausgeführt.

1. Bereitstellung der beiden zu verknüpfenden Operanden.
   Dieser Schritt wird mit "Lesen" bezeichnet.
2. Ausführung der eigentlichen Rechenoperation.
   Dieser Schritt wird mit "Rechnen" bezeichnet.
3. Lieferung und Aufbewahrung des Ergebnisses.
   Dieser Schritt wird mit "Schreiben" bezeichnet.

Das Rechenwerk ist der Teil der EDV-Anlage, in dem eine Veränderung der Daten vorgenommen wird. Alle anderen Geräte können Daten lediglich aufnehmen, speichern oder wieder abgeben. Die Geschwindigkeiten bei der Ausführung der Operationen liegen im Millisekunden- bzw. im Mikrosekundenbereich.

2.1.3. Das Steuerwerk

Die heutigen elektronischen Datenverarbeitungsanlagen arbeiten nach dem Prinzip der Programmsteuerung. Grundlage seiner Funktion sind die vom Menschen aufgestellten Programme.

LEKTION 8

Das Programm besteht aus einer Folge von Einzelbefehlen. Es befindet sich, wie die zur Verarbeitung benötigten Daten, in verschlüsselter Form im Hauptspeicher.
Aufgabe des Steuerwerkes ist es, die Einzelbefehle aus dem Hauptspeicher zu entnehmen, zu entschlüsseln und ihre Abarbeitung, die Durchführung der geforderten Operation, zu veranlassen. Dabei werden sowohl die zur Durchführung benötigten Geräte als auch die Art der Operation bestimmt.

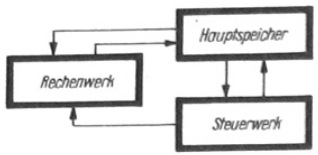


Abbildung 2
Blockschaltbild der Zentraleinheit

2.2. Die Bedieneinrichtung

Auf der Bedieneinrichtung sind alle erforderlichen Anzeige- und Bedienelemente angebracht. Durch Schalter, Tasten und Kontrolleinrichtungen ist es dem Bedienpersonal einer EDV-Anlage möglich, den Programmablauf zu starten, sich über den Stand der Abarbeitung zu informieren und bei Störungen einzugreifen.

2.3. Die externen Geräte

Als externe Geräte bezeichnen wir die Geräte, über welche die Daten ein- oder ausgegeben bzw. außerhalb der Zentraleinheit gespeichert werden.

Wir unterscheiden:

- externe Geräte für die Ein- und Ausgabe von Daten
  Dazu gehören vor allem:
  Lochkartengeräte, Lochbandgeräte, Drucker,
- externe Geräte zur Speicherung von Daten
  Dazu gehören besonders:
  Magnetbandspeicher, Magnettrommelspeicher, Ferritkernzusatzspeicher.

Da diese Geräte unmittelbar mit der Zentraleinheit der EDV-Anlage verbunden sind, werden sie als 1. Peripherie bezeichnet.

3. Das Gerätesystem der EDV-Anlage Robotron 300

3.1. Der Robotron 300 – eine Entwicklung aus der DDR

Die elektronische Datenverarbeitungsanlage Robotron 300 wurde im Industriezweig Datenverarbeitungs- und Büromaschinen der DDR entwickelt. Ihr liegen die Erfahrungen der Arbeiter, Ingenieure und Wissenschaftler unserer Büromaschinenindustrie zugrunde.
Um den Robotron 300 mit höchstem Nutzeffekt in unserer Wirtschaft einsetzen zu können, wurden spezielle Untersuchungen in verschiedenen Wirtschaftsgebieten durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Anforderungen

an die Anlage fanden bei ihrer Konzipierung Berücksichtigung, so daß die Gerätezusammensetzung weitestgehend auf die Bedürfnisse der Anwender abgestimmt ist. Der Robotron 300 ist somit universell einsetzbar. Er stellt ein gerätetechnisches System dar, das gleichermaßen in der Industrie, im Handel und Bankwesen, in staatlichen Institutionen sowie im technisch-wissenschaftlichen Bereich eingesetzt werden kann.

LEKTION 8

3.2. Die Gerätezusammensetzung

Der Robotron 300 ist eine programmgesteuerte elektronische Datenverarbeitungsanlage mittlerer Leistungsfähigkeit. Sie besteht aus der Zentraleinheit und einer Anzahl peripherer Geräte, die nach Art und Umfang der zu lösenden Probleme zu einer dem jeweiligen Aufgabengebiet optimal angepaßten Anlagengestaltung zusammengeschaltet werden können. Der Robo-

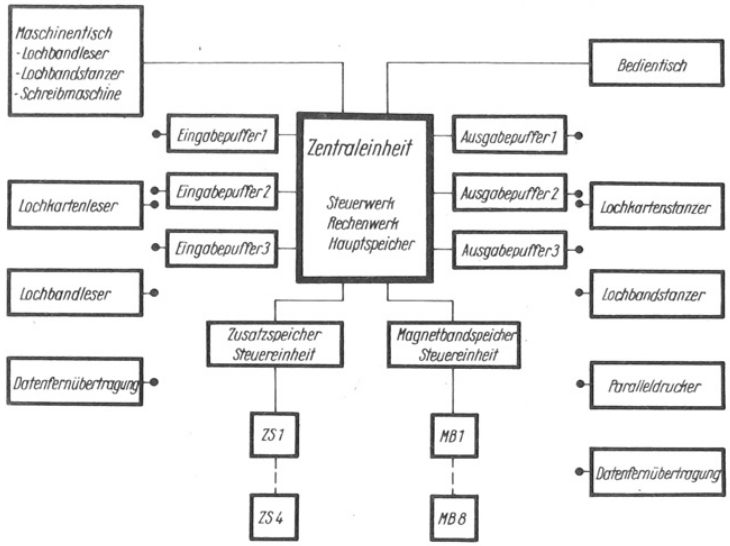


Abbildung 3
Maximale Ausstattung des Robotron 300 mit peripheren Geräten

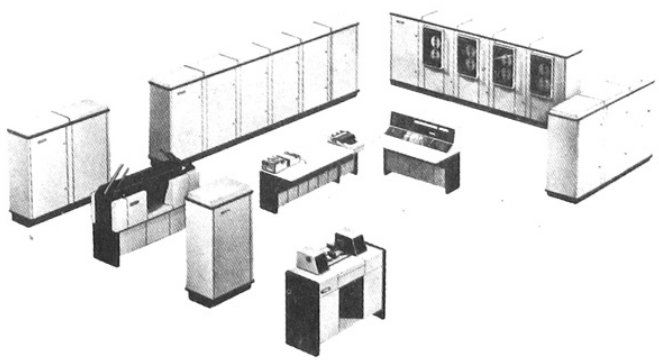


Abbildung 4
Mittlere Ausbaustufe des Robotron 300

tron 300 ist so konstruiert, daß entsprechend den steigenden Anforderungen eine Erweiterung jederzeit möglich ist. Abbildung 3 zeigt die maximale Ausstattung der Anlage mit peripheren Geräten als Blockschaltbild.
An die entsprechenden Verbindungsstellen, man nennt sie Eingabe- und Ausgabekanäle, der Zentraleinheit können die peripheren Geräte wahlweise angeschlossen werden. Die mittlere Ausbaustufe des Robotron 300 ist in Abbildung 4 dargestellt.
Bei Verwendung der Lochkarte als Eingabe-Datenträger bildet diese Gerätezusammenstellung die Normalausführung.

3.3. Die Zentraleinheit

In der Zentraleinheit sind der Hauptspeicher, das Rechenwerk, das Steuerwerk und die Stromversorgungseinrichtungen untergebracht.
Der Hauptspeicher ist ein Ferritkernspeicher mit einer Kapazität von 40 000 Zeichen. Zu jedem Zeichen ist ein direkter Zugriff möglich. Datenfolgen oder Operanden können somit eine variable Länge besitzen.

Der Robotron 300 ist eine Anlage mit variabler Wortlänge. Die Zugriffszeit zu einem Zeichen beträgt 5 μs.

Aufgabe des Hauptspeichers ist es, Befehle und Daten zu speichern. Die Informationsübertragung erfolgt serien-parallel, das heißt, alle Bits eines Zeichens werden gleichzeitig (parallel), die einzelnen Zeichen aber nacheinander (seriell) gespeichert bzw. gelesen.
Die Aufbewahrungsdauer der Informationen im Hauptspeicher ist zeitlich nicht begrenzt. Das Lesen geschieht zerstörungsfrei, jede Information kann beliebig oft abgefragt werden.
Das Rechenwerk führt logische, arithmetische, Vergleichs- und Druckordnungsbefehle der Zentraleinheit aus. Es realisiert z. B. alle vier Grundrechenarten mit Fest- und Gleitkommazahlen.
Für eine Addition von 10 x 10 Stellen werden 0,23 ms, für die Multiplikation von 10 x 10 Stellen werden 1,46 ms und für die Division 4,06 ms benötigt.
Das Steuerwerk steuert die Befehlsabarbeitung. Um den sich ständig wiederholenden Zyklus Befehlsaufruf – Befehlsabarbeitung ausführen zu können, ist in der Zentraleinheit eine Steuereinrichtung notwendig.
Zur Bedienung des Robotron 300 gehört ein von der Zentraleinheit getrennt aufgestellter Bedientisch. Auf ihm sind alle erforderlichen Anzeige- und Schaltelemente untergebracht.

3.4. Die externen Geräte

3.4.1. Die externen Ein- und Ausgabegeräte

Der Maschinentisch

Die auf dem Maschinentisch installierten Geräte sind in erster Linie zur Programmeingabe, zur Ausgabe einer beschränkten Datenmenge (Programme) und zur Protokollierung vorgesehen. Dadurch wird die Bedienung der EDV-Anlage wesentlich erleichtert.
Für die Ein- und Ausgabe kleinerer Datenmengen und zur Korrektur von Programmen ist auf dem Maschinentisch eine Kontrollschreibmaschine vorgesehen. Sie verfügt über eine Ein- und Ausgabemöglichkeit von 64 Zeichen.
Für die Ein- und Ausgabe geringer Informationsmengen über Lochband sind ein Lochbandleser und ein Lochbandstanzer vorgesehen. Der Lochbandleser arbeitet mit einer Geschwindigkeit von 300 Zeichen/s, der Lochbandstanzer mit nur 20 Zeichen/s. Beide Geräte gehören zur Standardausrüstung des Maschinentisches.

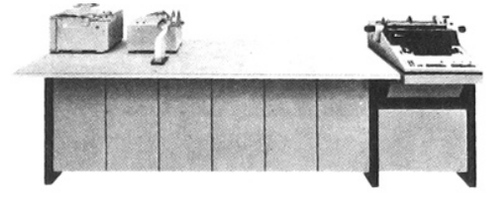


Abbildung 5
Maschinentisch des Robotron 300

Für den Anschluß externer Ein- und Ausgabegeräte besitzt die Zentraleinheit des Robotron 300 je drei Ein- und Ausgabekanäle. Zwischen die Zentraleinheit und die externen Geräte werden jedoch noch Kopplungsglieder, die Puffer, geschaltet.

Puffer haben vor allem die Aufgabe, das ungünstige Verhältnis zwischen den mit relativ geringen Geschwindigkeiten arbeitenden Eingabe- und Ausgabegeräten und der mit hoher Geschwindigkeit arbeitenden Zentraleinheit zu verbessern.

Die Lochkarten-Lese-Stanz-Einheit

Bei der Entwicklung der Eingabe- und Ausgabeeinheiten für die EDV-Anlage Robotron 300 wurde davon ausgegangen, daß vorwiegend 80spaltige Lochkarten als Datenträger verwendet werden. Der Lochkartenleser und der Lochkartenstanzer wurden zu einer Einheit vereinigt, die als Lochkarten-Lese-Stanz-Einheit (LSE) bezeichnet wird. Sie ist mit zwei gegenläufigen Kartenbahnen, einer Lesebahn und einer Stanzbahn, ausgerüstet. Die Lese- und Stanzgeschwindigkeit beträgt auf beiden Bahnen 12 000 Karten in der Stunde.
Die Lochkarten-Lese-Stanz-Einheit ist mit der Zentraleinheit über Lese- bzw. Stanzpufferspeicher verbunden. Während der Eingabezeit des Inhaltes einer Lochkarte von der Lese-Stanz-Einheit zum Pufferspeicher bzw. der Ausgabezeit vom Pufferspeicher zur Lese-Stanz-Einheit kann in der Zentraleinheit der Programmablauf simultan weitergeführt werden. Diese zeitliche Überlappung gewährleistet einen hohen Grad der Nutzung der Anlage.

Die Lochbandleser und Lochbandstanzer

Für die Ein- und Ausgabe von Daten können auch Lochbandgeräte zum Einsatz kommen, da für viele Anwendungsfälle das Lochband geeigneter ist als die Lochkarte. Das Lochband ist der materialmäßig billigste und der beim Schreiben von Urbelegen am günstigsten herzustellende Datenträger.

Die Ein- bzw. Ausgabe der Informationen vom Lochband geschieht über Puffer. Damit kann auch bei angeschlossenem Lochbandleser und Lochbandstanzer die Arbeit der Zentraleinheit und der Lochbandgeräte maximal genutzt werden.

Die Lochbandgeräte arbeiten bei der Eingabe mit einer Geschwindigkeit von 1000 Zeichen/s, bei der Ausgabe mit einer Geschwindigkeit von 100 Zeichen/s.

Die Datenfernübertragungseinheit "DFE 550"

Oft ist es erforderlich, Daten über größere Entfernungen zu übertragen. Diesem Zweck dient die Datenfernübertragungseinheit "DFE 550". Durch Kopplung mit der Zentraleinheit des Robotron 300 ist eine Übertragung von Informationen des Rechners über das Telefonnetz mit Wählvermittlung zu einem zweiten Rechner möglich. Neben der Kopplung Rechner-Rechner ist die Übertragung Lochband-Lochband vorgesehen. Insgesamt bestehen vier Kopplungsmöglichkeiten:

Rechner-Rechner,
Rechner-Lochband,
Lochband-Rechner,
Lochband-Lochband.

Blockspeicher in der Übertragungseinheit ermöglichen eine kontinuierliche Auslastung der geschalteten Verbindung.

Der Paralleldrucker

Zur Ausgabe visuell lesbarer Daten steht ein Paralleldrucker zur Verfügung. Die Druckgeschwindigkeit beträgt im Durchschnitt 360 Zeilen/min. Je Druckposition können 57 Zeichen (das Alphabet, 10 Ziffern und 21 Sonderzeichen) gedruckt werden. Die Druckbreite je Zeile beträgt maximal 156 Zeichen. Sie kann in zwei Bahnen unterteilt werden. Dadurch ist es möglich, auf zwei verschiedenen, über das Programm ansteuerbaren Bahnen gleichzeitig zu arbeiten.
Der Drucker ist über Puffer an die Zentraleinheit angeschlossen. Bei einem Druckvorgang wird die Zentraleinheit nur während der Zeit der Übergabe der Druckinformation zum Pufferspeicher beansprucht. Während des Drukkens kann simultan das weitere Programm in der Zentraleinheit abgearbeitet werden.

3.4.2. Die externen Speichergeräte

Umfangreiche Datenverarbeitungsaufgaben erfordern oft eine Speicherkapazität, die das Fassungsvermögen des Hauptspeichers übersteigt. Mit externen Speichern kann die Speicherkapazität einer EDV-Anlage erheblich erhöht werden, ohne die Zentraleinheit selbst vergrößern zu müssen.
Betrachten wir nun die externen Speichergeräte, die über fest zugeordnete Anschlußstellen, Steuergeräte genannt, mit der Zentraleinheit verbunden sind.

Die Magnetbandspeichergeräte

Für die maschinenlesbare Speicherung und Sortierung großer Datenmengen ist der Anschluß von maximal 8 Magnetbandspeichergeräten an den Robotron 300 möglich. Davon können 6 Geräte während der Abarbeitung eines Programmes angesteuert werden. Diese Speichermedien arbeiten nach dem Prinzip der Tonbandgeräte.
Auf einem Magnetband von 750 m Länge können etwa 10 Millionen Zeichen abgespeichert werden. Eine einzige Rolle Magnetband kann den Inhalt von 120 000 80stelligen Lochkarten aufnehmen. Der Datentransport zwischen

dem Hauptspeicher der Zentraleinheit und den Magnetbandspeichergeräten erfolgt mit einer Geschwindigkeit von etwa 33 000 Zeichen/s.
Die Magnetbandspeichergeräte arbeiten trotz ihrer hohen Übertragungsgeschwindigkeit mit großer Sicherheit, da bei der Datenübertragung zusätzliche Kontrollen über die Richtigkeit der geschriebenen und gelesenen Zeichen erfolgen.

Die Zusatzspeicher

Eine weitere Möglichkeit, die Speicherkapazität der EDV-Anlage Robotron 300 zu erhöhen, besteht durch den Anschluß von externen Zusatzspeichern. Über eine Steuereinheit können maximal vier Zusatzspeicher angeschlossen werden. Die vier Zusatzspeicher können entweder Ferritkernzusatzspeicher mit 10 000 Zeichen Speicherkapazität oder Magnettrommelspeicher mit je 100 000 Zeichen Speicherkapazität sein. Auch ein gemischter Anschluß beider Speicherarten ist möglich.

4. Die Systemunterlagen einer EDV-Anlage

Unter Systemunterlagen verstehen wir hier die Befehle und Programme, die für das Arbeiten einer EDV-Anlage von grundsätzlicher Bedeutung sind. Programme werden vom Menschen aufgestellt und ergeben mit der Gerätetechnik zusammen erst den Gebrauchswert einer EDV-Anlage.

4.1. Der Informationsfluß

Jede Information, die verarbeitet werden soll, muß im Hauptspeicher der EDV-Anlage zur Verfügung stehen und eine dem Rechner verständliche Form haben. Darüber hinaus muß dem Rechner mitgeteilt werden, welcher Art die auszuführende Verarbeitung ist und in welcher Reihenfolge sie erfolgen soll. Auch diese Mitteilungen, die das für die jeweilige Aufgabe aufgestellte Programm beinhalten, müssen mit im Hauptspeicher des Rechners stehen und eine ihm verständliche Form haben. Zu Beginn der Verarbeitung werden über die externen Geräte das Programm und die zu verarbeitenden Daten in den Hauptspeicher eingelesen. Da in der elektronischen Datenverarbeitung eine sehr große Anzahl von Daten zu verarbeiten ist, ein Hauptspeicher jedoch nur eine begrenzte Kapazität besitzt, ist es möglich, während der Verarbeitung nacheinander bestimmte Mengen von Daten einzugeben und auch die erzielten Ergebnisse nacheinander auszugeben. Diese Ein- und Ausgaben werden jeweils im Programm an der entsprechenden Stelle mit vorgesehen. Die Art der externen Geräte, die für die Eingabe oder für die Ausgabe benutzt werden, wird bestimmt durch den organisatorischen Aufbau des Problems, durch die Art der Erfassung der Daten, durch den Zweck, den ausgegebene Daten zu erfüllen haben, und auch durch die Häufigkeit, in der die Daten zu verarbeiten sind.

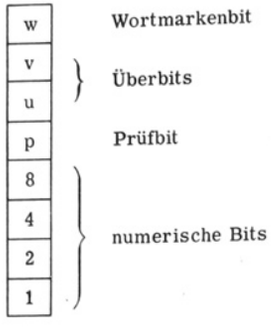
4.2. Der interne Befehlsaufbau

Der kleinste Bestandteil eines Programmes ist der Befehl.
Ein Befehl besteht aus zwei Teilen, dem Operationsteil und dem Adressenteil. Im Operationsteil wird die auszuführende Tätigkeit verschlüsselt, z. B.

Addieren, Subtrahieren. Im Adressenteil wird die Nummer der Speicherzelle, die den zu verarbeitenden Operanden enthält, angegeben.
Die Darstellung der uns geläufigen Ziffern erfolgt in einem Binärdezimalcode. Jeder Dezimalziffer wird dabei eine Dualzahl zugeordnet. Eine Dualzahl wird durch 4 Bits gebildet; sie werden numerische Bits genannt.

Zur Darstellung der Buchstaben und Sonderzeichen genügen 4 Bits nicht mehr. Es werden 2 weitere, die Überbits u und v, hinzugefügt. 6 Bits für die Zeichendarstellung geben die Möglichkeit, im Robotron 300 $2^6 = 64$ verschiedene Zeichen darzustellen.
Weiterhin benötigt man ein Prüfbit (p) und ein Wortmarkenbit (w).
Das Prüfbit dient der automatischen Fehlererkennung in der Anlage.
Das Wortmarkenbit markiert das Wortende, es begrenzt die Länge eines Wortes.

Ein Zeichen besteht somit aus 8 Bits.



Ein Befehl besteht im Hauptspeicher aus 6 Zeichen. Diesen Zeichen wird innerhalb des Befehls eine unterschiedliche Bedeutung zugeordnet. Abbildung 6 zeigt den internen Aufbau eines Befehls.
In der senkrechten Einteilung erkennen wir die 8 Bits eines Zeichens, in der waagerechten die 6 Zeichen zur Darstellung eines Befehls. Das

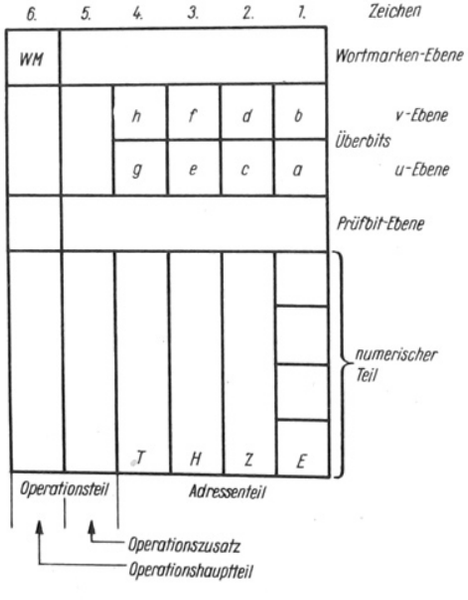


Abbildung 6
Interner Aufbau eines Befehls

Schema zeigt deutlich die Teilung des Befehls in den Adressenteil und Operationsteil.
Der Adressenteil umfaßt die Zeichen 1 bis 4, mit Hilfe der Überbits g und h des vierten Zeichens wird die Adresse des Befehls angegeben. Mit einer Wertigkeit von g = 1 und h = 2 können somit Adressen von 00000 bis 39999 verwendet werden.
Im 5. und 6. Zeichen des Befehls wird die Operation verschlüsselt.
Die Befehle, die eine EDV-Anlage ausführen kann, lassen sich in 4 Hauptgruppen unterteilen:

- Sprung- und Vergleichsbefehle,
- Transportbefehle,
- einfache arithmetische und logische Befehle,
- höhere arithmetische Befehle.

Bei der Behandlung des internen Befehlsaufbaues wollen wir uns noch mit einigen Begriffen bekanntmachen.
Festkommazahlen, Gleitkommazahlen und alphanumerische Begriffe sind die kleinsten verarbeitbaren Informationen. Sie werden als Worte bezeichnet. Die Begrenzung eines Wortes wird im w-Bit des letzten Zeichens angegeben.
Ein Satz besteht aus einer beliebigen Anzahl von Worten. Zur Begrenzung ist ein Sonderzeichen mit Wortmarke hinter dem letzten Wort, die Satzmarke (SM), notwendig.
Eine Gruppe besteht aus einer beliebigen Anzahl von Sätzen, einer beliebigen Anzahl von Worten oder einer Kombination von beiden. Zur Begrenzung wird ein Sonderzeichen, die Gruppenmarke (GM), benötigt.
Ein Block besteht aus einer beliebigen Anzahl von Gruppen, Sätzen, Worten oder einer beliebigen Kombination derselben. Zur Begrenzung wird ein Sonderzeichen, die Blockmarke (BM), benötigt.
Die beim Robotron 300 gegebene Möglichkeit, Informationen wortweise in Sätzen und darüber hinaus in Gruppen und Blöcken zusammenzufassen, wobei die Länge der Worte, Sätze, Gruppen und Blöcke variabel sein kann, hat viele Vorteile. Da durch das programmierte Abfragen das Ende des Satzes festgestellt werden kann und der nächste Satz (Gruppe oder Block) seinen Anfang auf dem folgenden Speicherplatz hat, wird die Kapazität des Hauptspeichers und des Ferritkernzusatzspeichers voll genutzt.

4.3. Der Maschinencode

Das Programm, zur Lösung einer bestimmten Aufgabe aufgestellt, besteht aus einer Reihe von Einzelschritten, die in Form von Einzelbefehlen notiert werden. Entsprechend der logischen Struktur verfügt eine EDV-Anlage über ein definiertes Befehlssystem. Die Gesamtheit dieses Befehlssystems bezeichnet man als Maschinensprache oder Maschinencode. Die Aufstellung von Programmen in der Maschinensprache ist eine sehr zeitaufwendige und viel Konzentration erfordernde Tätigkeit, zumal komplizierte Programme aus mehreren tausend Einzelbefehlen bestehen können.

4.4. Die maschinenorientierten Programmiersprachen

Die Bestrebungen zur Vereinfachung der Programmierung haben zu symbolischen Programmiersprachen geführt. Der Grundgedanke der symbolischen Programmierung beruht auf der Einführung von symbolischen Adressen. Die symbolische Adressierung verzichtet auf die Angabe der Nummer der Speicherzelle. Sie gestattet, daß die Adresse durch Namen angegeben werden kann, wobei der gleiche Name stets die gleiche Speicherzelle bedeutet. Damit entfällt während der Programmierung die Angabe der absoluten Adressen durch Nummern, ebenso die Angabe der absoluten Adressen der Befehle. Soll innerhalb einer Befehlsfolge durch einen Sprungbefehl die natürliche Reihenfolge der Abarbeitung verlassen werden, so wird im Adressenteil ein Name angegeben.
Die EDV-Anlage versteht nur ihre Maschinensprache, sie kann mit einem symbolischen Programm nichts anfangen. Das symbolische Programm muß also in eine Maschinensprache übersetzt werden. Das Einsetzen der absoluten Adressen kann vom Automaten mit Hilfe eines speziellen Programms selbst vorgenommen werden. Die für die Herstellung des Maschinencodeprogramms erforderliche Maschinenzeit ist sehr gering. Man nimmt sie gern in Kauf, da die Programmierungsarbeit gegenüber der Programmierung in der Maschinensprache beträchtlich vereinfacht ist. Die einzelnen Verarbeitungsschritte sind:

- Eingabe des Programms in symbolischer Programmiersprache,
- Umwandlung des eingegebenen Programms in ein Maschinencodeprogramm,
- Durchführung der Nutzrechnung mit dem Maschinencodeprogramm.

Da der Operationsteil und das Zerlegen der Aufgabe in Einzelbefehle beibehalten wurden, spricht man von einer maschinenorientierten Programmiersprache. Ein maschinenorientiertes Programmierungssystem steht auch bei dem Robotron 300 zur Verfügung. Abgeleitet aus der genannten Bezeichnung wird es als MOPS bezeichnet.

4.5. Die problemorientierten Programmiersprachen

Die Bemühungen zur Erleichterung der Programmierung führten zur Schaffung von problemorientierten Programmiersprachen. Sie sind von den Anlagen unabhängig und gestatten die Notierung der Aufgaben in einer dem Problem angepaßten Sprache.
Für die Lösung von wissenschaftlich-technischen Aufgaben haben die Sprachen FORTRAN und ALGOL und für kommerzielle Aufgaben die Sprache COBOL große Verbreitung gefunden. Bei Benutzung dieser Sprachen ist ein Zerlegen bis auf Einzelbefehle nicht mehr notwendig, es können komplizierte Ausdrücke, sogar umfangreiche Formeln, notiert werden.
Die Übersetzung eines Programms in einer problemorientierten Sprache in die Einzelbefehle des Maschinencodes erfolgt mit einem Übersetzerprogramm. Es enthält im allgemeinen einige tausend Befehle.
Ausschlaggebend für die Anwendung dieser problemorientierten Sprachen sind ihre leichte Handhabung, ihr geringer Zeitaufwand für die Programmierungsarbeit sowie ihre universelle Verwendbarkeit.

4.6. Die Programmbibliothek

LEKTION 8

Da eine Reihe von Programmen universell verwendbar ist, zum Beispiel kann ein lineares Gleichungssystem mit 20 Unbekannten mit dem gleichen Programm wie ein Gleichungssystem mit 35 Unbekannten gelöst werden, ist es üblich, die Programme in einer Bibliothek zu erfassen. Vor der Bearbeitung einer neuen Aufgabe wird man daher zunächst in der Bibliothek überprüfen, ob für diese Aufgabe ein Programm existiert. Bei Vorhandensein eines Programms kann die Programmierungsarbeit hierfür eingespart werden. Unsere sozialistische Gesellschaftsordnung gibt uns auch die Möglichkeit, eine zentrale Programmbibliothek aufzubauen, auf die alle Betriebe zurückgreifen können. Auf diese Weise wird eine Rationalisierung der Programmierung auf breitester Ebene erreicht.

I Die Gesamtheit der Programme und Organisationsunterlagen bezeichnen wir als "Systemunterlagen".

Die Systemunterlagen für den Robotron 300 können in zwei Gruppen untergliedert werden.

Zu den maschinenorientierten Systemunterlagen zählen:

- maschinenbedingte Hilfsprogramme, wie Ein- und Ausgabeprogramme, Protokollprogramme, Codeumwandlungsprogramme, Sortierprogramme, Organisationsprogramme,
- maschinenorientierte Programmiersprachen mit den zugehörigen Übersetzungsprogrammen,
- Programmgeneratoren.

Zu den problemorientierten Systemunterlagen gehören:

- mathematisch-technische Unterprogramme,
- ökonometrische Programme,
- Bausteine für EDV-Systeme,
- Typenprojekte für integrierte Datenverarbeitungssysteme,
- problemorientierte Programmiersprachen mit den zugehörigen Übersetzungsprogrammen.

LEKTION

9

Der Aufbau und die Arbeitsweise des Rechenwerks

1. Einleitung

2. Einige Vorbemerkungen zur Zahlendarstellung

2.1. Die Verschlüsselung und Übertragung der Informationen
2.2. Die Verarbeitung von Festkommazahlen
2.3. Die Verarbeitung von Gleitkommazahlen

3. Das Rechenwerk

3.1. Die Aufgaben des Rechenwerks
3.2. Der Aufbau der Addierschaltung und der Ablauf der Addition und der Subtraktion
3.2.1. Die Addierschaltung
3.2.2. Der Ablauf der Addition und der Subtraktion
3.3. Der Aufbau der Multiplizierschaltung
3.3.1. Der Einmaleinskörper
3.3.2. Die Teilproduktbildung
3.3.3. Der Ablauf der Multiplikation
3.4. Das Zusammenwirken der Einzelschaltungen bei der Division

4. Abschließende Bemerkungen

1. Einleitung

Mit dieser Lektion beginnen wir die ausführliche Behandlung einzelner Teile der Zentraleinheit und der Geräte der 1. Peripherie.
Die Arbeitsweise einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage läßt sich von der Funktion her in mehrere Schritte zergliedern:
Eingabe – Speichern – Steuern – Übertragen und Rechnen – Ausgabe.
Der vorletzte Schritt, die eigentliche Verarbeitungsfunktion, ist Aufgabe des Rechenwerks. Mit seinem Aufbau und seiner Arbeitsweise beschäftigt sich diese Lektion.

2. Einige Vorbemerkungen zur Zahlendarstellung

2.1. Die Verschlüsselung und Übertragung der Informationen

Die interne Arbeitsweise einer EDVA wird durch die Art der Codierung und den Transport der Zeichen bestimmt. Für den Robotron 300 wird die 8-Bit-Darstellung eines Zeichens verwendet. Jeder Ziffer, jedem Buchstaben oder Sonderzeichen ist eine 8-Bit-Kombination zugeordnet. Die einzelnen Zeichen einer Zahl oder eines Wortes werden nacheinander, die Bits eines Zeichens jedoch parallel verarbeitet. Wir sprechen von serien-paralleler Verarbeitung.

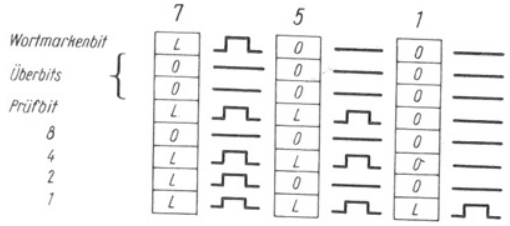


Abbildung 1
Serien-Parallel-Darstellung eines Datenwortes

Aus Abbildung 1, Beispiel der Zahl 751, ist zu erkennen, daß zur Übertragung der vollständigen Informationen 8 Leitungen nötig sind.
In den numerischen Bits sind die Dezimalziffern dual verschlüsselt. Durch die ziffernweise Verarbeitung einer Dezimalzahl lassen sich viele Parallelen zum schriftlichen Rechnen ziehen, die das Verständnis der Arbeitsweise des Rechenwerks erleichtern werden.

2.2. Die Verarbeitung von Festkommazahlen

Bei der Arbeit mit festem Komma (vgl. Lektion 7) werden im Robotron 300 alle Zahlen als ganze Zahlen aufgefaßt.
Das Maschinenkomma steht ganz rechts nach der Einerstelle. Mit ihr beginnt die Verarbeitung. Eine im Hauptspeicher stehende Zahl wird durch die Adresse der Einerstelle aufgefunden.
Wir haben es jedoch nicht immer mit ganzen Zahlen zu tun. Bei einer Vielzahl von Operanden handelt es sich um gebrochene Zahlen, bei denen nach der Speicherung die Kommainformation nicht mehr vorhanden ist. Da die Rechenoperationen aber unter Berücksichtigung des ursprünglich vorhandenen Kommas ausgeführt werden müssen, sind entsprechende Befehle zu programmieren (s. Abbildung 2).
Eine Festkommazahl wird in der 8-Bit-Darstellung in folgender Form gespeichert (s. Abbildung 3).
Die Übertragung einer Zahl beginnt mit der Einerstelle, die durch den Befehl angesprochen wird. Der Robotron 300 arbeitet mit Worten variabler Länge. Dadurch muß das Ende eines Wortes durch eine zusätzliche Information, die Wortmarke, kenntlich gemacht werden. Sie steht in der w-Ebene des Zeichens.
Da für die Darstellung von Ziffern nur die numerischen Bits gebraucht werden, kann man das Vorzeichen einer Zahl in den Überbits verschlüsseln.

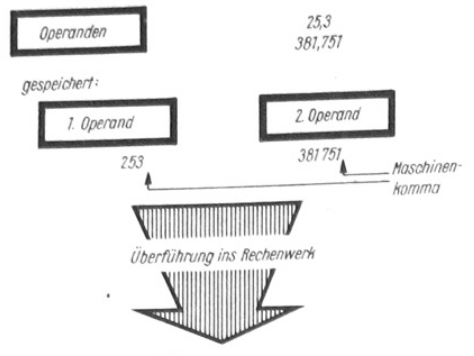


Abbildung 2
Addition zweier Zahlen
in Festkommadarstellung

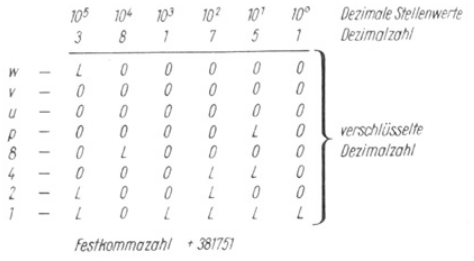


Abbildung 3
Festkommazahl im
Robotron-300-Code

Es steht in der v-Ebene. Man verwendet die Festlegung

+ (plus) $\hat{=}$ 0 und
– (minus) $\hat{=}$ L.

2.3. Die Verarbeitung von Gleitkommazahlen

Die Kommainformation ist durch die halblogarithmische Darstellung einer Zahl im Exponenten der Potenz verschlüsselt (vgl. Lektion 7).

$$-381,751 = -381751 \cdot 10^{-3}$$

Bei der für den Robotron 300 üblichen Normierung sind die Mantissen ganze Zahlen. Für die Exponenten sind 2 Stellen reserviert. Die Gleitkommazahl – 381,751 wird in folgender Form gespeichert:

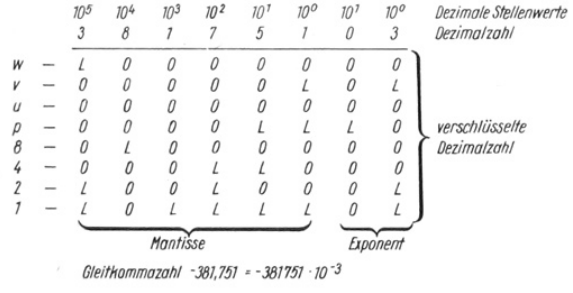


Abbildung 4
Gleitkommazahl im
Robotron-300-Code

Die Adresse einer Gleitkommazahl steuert die Einerstelle des Exponenten an. Eine Wortmarke in der höchsten Stelle der Mantisse begrenzt die Zahl.

Für den Exponenten ist keine eigene Wortmarke vorgesehen, da er immer 2 Stellen einnimmt und untrennbar mit der Mantisse verbunden ist. Exponent und Mantisse haben aber in den Einerstellen eigene Vorzeicheninformationen.
Die Ausführung einer Rechnung mit Gleitkommazahlen unterscheidet sich wesentlich von der mit Festkommazahlen. Im Rechenwerk muß ein separates Exponentenrechenwerk vorhanden sein.
Vor jeder Addition oder Subtraktion überprüft dieses Rechenwerk die Exponenten der Operanden. Stellt es Unterschiede fest, verschiebt es die Mantissen so lange, bis sie gleiche Zehnerpotenzen haben.
Entsprechend den Gesetzen der Potenzrechnung werden bei Multiplikation (Division) die Exponenten addiert (subtrahiert) und die Mantissen multipliziert (dividiert).
Gleitkommaoperationen erfordern einen größeren technischen Aufwand, die automatische Kommarechnung reduziert jedoch den Programmierungsaufwand beträchtlich.

3. Das Rechenwerk

3.1. Die Aufgaben des Rechenwerks

Am Beispiel der elektronischen Datenverarbeitungsanlage Robotron 300 behandeln wir nun den Aufbau des Rechenwerks einer Einadreßmaschine. Die Blockschaltbilder berücksichtigen nur Rechnungen mit festem Komma.
Aufgabe des Rechenwerks ist es, arithmetische Operationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) sowie logische, Vergleichs-, Verschiebe- und Druckordnungsbefehle der Zentraleinheit auszuführen.

Alle rationalen Rechenoperationen lassen sich unter Verwendung des Addierwerks vornehmen. Folglich ist ein Addierwerk das Kernstück des Rechenwerks.

3.2. Der Aufbau der Addierschaltung und der Ablauf der Addition und der Subtraktion

3.2.1. Die Addierschaltung

Die Verknüpfung der Operanden erfolgt stellenweise, wobei der Umlauf der Daten im Rechenwerk durch den Taktgeber zeitlich gesteuert wird. Dabei sind die in der 6. Lektion besprochenen Register, aufgebaut aus Flip-Flop-Schaltungen, sowohl Zwischenspeicher als auch Synchronisierstellen für den taktweisen Transport.
Ein Operand gelangt aus dem Hauptspeicher (HS) über das Register B an einen Eingang des Addiators (Hauptaddiator des Rechenwerks). Bei einer Einadreßmaschine wird der 2. Operand in ein spezielles Register, den Akkumulator AC, überführt. Er ist als Ferritkernmatrix ausgeführt und hat eine Kapazität von 120 Stellen, kann also Datenworte mit einer maximalen Länge von 120 Zeichen aufnehmen. Nach Ausführen der Operation übernimmt

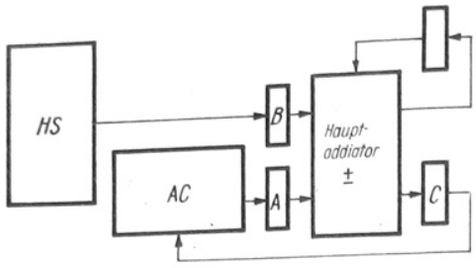


Abbildung 5
Hauptaddiator des
Robotron 300

der Akkumulator das Ergebnis, speichert es für die nächste Operation oder gibt es zur Aufbewahrung an den Hauptspeicher ab. Die Transporte von und nach AC erfolgen über Register. Durch A wird dem 2. Eingang des Addiators eine Operandenstelle zur Verfügung gestellt. C ist sowohl Resultatregister des Addiators als auch Schreibregister für den Akkumulator.
Der Addiator ist eine kombinatorische Schaltung zur dezimalen Addition und Subtraktion. Er hat die Aufgabe, aus den über die Register A und B ziffernweise angebotenen Operandenstellen die Summe, Differenz oder das Komplement zu bilden und einen auftretenden Übertrag im Übertrags-Flip-Flop zu registrieren.

3.2.2. Der Ablauf der Addition und der Subtraktion

Der Addiator muß, unabhängig von der programmierten Rechenoperation, die Fähigkeit besitzen, addieren und subtrahieren zu können. Die Entscheidung über die auszuführende Operation fällt erst beim Vorzeichenvergleich beider Operanden. Machen wir uns den Sachverhalt an einer Übersicht klar.

Vorzeichen 1. Operand	programmiertes Rechenzeichen	Vorzeichen 2. Operand	Operation
+		+	Addition
+		–	Subtraktion
–	+	+	Subtraktion
–		–	Addition
+		+	Subtraktion
+		–	Addition
–	–	+	Addition
–		–	Subtraktion

Additionen werden ausgeführt, wenn bei programmiertem Rechenzeichen + die Operanden gleiche Vorzeichen, bei programmiertem Rechenzeichen – ungleiche Vorzeichen tragen. Dabei hat das Ergebnis immer das Vorzeichen des 1. Operanden.
Alle anderen Fälle führen zur Subtraktion. Über das Vorzeichen des Ergebnisses läßt sich keine allgemeine Aussage treffen, da hier die Größe der Beträge beider Operanden Einfluß hat.

Die Addition

Die Additionsschaltung bearbeitet eine Additionsaufgabe nach den Gesetzen des schriftlichen Rechnens:

Addition der Einerstellen – Weiterrücken – Addition der Zehnerstellen mit Berücksichtigung des Übertrags – Weiterrücken – usw.
In Verbindung mit Abbildung 5 vermittelt die folgende Übersicht einen Einblick in den Inhalt der einzelnen Register während des Additionsvorganges.

Aufgabe: 3497
+ 379
3876

	Beginn	1. Takt	2. Takt	3. Takt	4. Takt	5. Takt	6. Takt
HS	379	.37	..3	...	...	...	...
AC	3497	.349	..34	6...	76..	876.	3876
A	0	7	9	4	3	0	0
B	0	9	7	3	0	0	0
C	0	0	6	7	8	3	0
Ü	0	0	1	1	0	0	0

Die Subtraktion

Der Addiator führt eine Subtraktion als Addition des Zehnerkomplements eines über das Register B kommenden Operanden aus. Diesen Vorgang kann man für die Aufgabe a – b = c allgemein formulieren:

$$a + (E - b) - E = c.$$

Durch Addition einer Zahl E, die dem Betrage nach größer als b ist, wird der Term (E – b) positiv. Subtrahiert man anschließend E, ist die Gleichheit wieder hergestellt.

(E – b) wird als Komplement von b zur Zahl E bezeichnet.

Die Zahl E muß so gewählt werden, daß der Aufwand zur Errechnung von E – b gering und die anschließende Subtraktion von E leicht durchzuführen ist.
Wir wollen das B-Komplement benutzen, das sich auf die Basis des verwendeten Zahlensystems bezieht. Bei Dezimalzahlen spricht man vom Zehnerkomplement.

Das Zehnerkomplement b_k einer Zahl b wird durch Ergänzung zur nächsthöheren Zehnerpotenz gebildet.

b = 381751

1000000
– 381751
b_k = 618249

Die Bildung des Zehnerkomplements führt wieder zu einer Subtraktionsaufgabe, die gerade vermieden werden sollte. Man benutzt daher den Umweg über das Neunerkomplement und Addition von 1 in der niedrigsten Stelle. Diese Maßnahme ist durch eine kombinatorische Schaltung leicht zu lösen.

	999999
	–381751
Neunerkomplement	618248
Addition von 1	1
Zehnerkomplement	618249

Untersuchen wir nun den Ablauf der Subtraktion als Addition des Zehnerkomplements.
Nachdem das Rechenwerk auf Ausführung einer Subtraktion entschieden hat, werden zwei weitere Entscheidungen getroffen:

- Das Ergebnis erhält vorläufig das Vorzeichen des über Register A laufenden Operanden.
- Der über Register B laufende Operand wird komplementiert.

Beispiel 1:

Normale Subtraktion

1. Operand (Reg. A) 97
2. Operand (Reg. B) -75
22

Addition des Komplements

	100	97	1. Operand
	-75	+25	Komplement 2. Operand
Komplement 2. Operand	25	122	

Das Ergebnis des letzten Schrittes ist das um den Betrag E (im Beispiel E = 100) zu groß. Eine Korrektur wird dadurch herbeigeführt, daß der Überlauf 1 einfach unterdrückt wird. Die Differenz wird vom Rechenwerk mit +22 ermittelt.
Eine überlaufende 1 vermittelt noch eine andere wichtige Information:

Das Vorzeichen des 1. Operanden (Register A) ist auch das Vorzeichen des Ergebnisses.

Beispiel 2:

(-97) + (+75) Programmiert ist Addition,
ausgeführt wird Subtraktion.

1. Operand (Reg. A)	-97	100
2. Operand (Reg. B)	+75	-75
	-22	25 Komplement 2. Operand

97
+25
122
↑ Überlauf 1

- Vorzeichen des 1. Operanden gilt.
- Hinter dem Überlauf steht der Betrag der Differenz.

Die Differenz beträgt: -22

Beispiel 3:

(+75) + (-97) Programmiert ist Addition,
ausgeführt wird Subtraktion.

1. Operand (Reg. A)	+75	100
2. Operand (Reg. B)	-97	-97
	-22	3 Komplement 2. Operand

75
+ 3
078
↑ kein Überlauf

Fehlender Überlauf bei der Addition des Komplements führt zu folgenden organisatorischen Entscheidungen:

- Das vorläufig angenommene Vorzeichen des 1. Operanden ist nicht das Vorzeichen der Differenz. Es muß Vorzeichenumkehr eintreten.
- Das Ergebnis der Rechnung ist nicht der Betrag der Differenz, sondern dessen Komplement. Es muß eine Rekomplementierung (nochmalige Komplementbildung) vorgenommen werden.

Rekomplementierung: 100
-78
22

Vorzeichenumkehr des 1. Operanden: (-)
Differenz: -22

Wie sich leicht nachweisen läßt, liegt der Fall bei der Aufgabe (-75) + (+97) ähnlich.

Das Unterdrücken der überlaufenden 1, die Rekomplementierung und die Vorzeichenumkehr führt der Addiator automatisch aus. Eine Subtraktionsanweisung bedeutet für den Addiator, die Komplementbildung des Operanden aus Register B und, wenn nötig, des Ergebnisses vorzunehmen, womit eine Vorzeichenumkehr verbunden ist.
Diese geringfügigen Abweichungen im Rechenablauf gestatten es, sämtliche Baugruppen der Schaltung gleichermaßen für Addition und Subtraktion zu nutzen.

3.3. Der Aufbau der Multiplizierschaltung

3.3.1. Der Einmaleinskörper

Im Rechenwerk des Robotron 300 wird eine Multiplikation nicht nach dem Prinzip der fortgesetzten Addition des Operanden durchgeführt. Eine spezielle kombinatorische Schaltung beherrscht gewissermaßen das kleine Einmaleins.

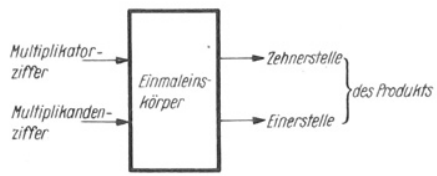


Abbildung 6
Einmaleinskörper des Robotron 300

Aus zwei an die Eingänge gelangenden einstelligen Dezimalzahlen bildet sie das Produkt. Es wird auf zwei Ausgängen, getrennt nach Einer- und Zehnerstelle, ausgegeben. Die größte an den Ausgängen erscheinende Zahl ist 81, das Produkt von 9 mal 9.

3.3.2. Die Teilproduktbildung

Betrachten wir als Vorbereitung eine schriftliche Multiplikation.

Multiplikand	· Multiplikator	
7384	· 692	
	14768	1. Teilprodukt
	66456	2. Teilprodukt
	44304	3. Teilprodukt
	5109728	Produkt

Das Produkt einer Aufgabe mit mehrstelligem Multiplikator entsteht aus der Addition mehrerer Teilprodukte.
Die Bildung der Teilprodukte wird nach folgenden Regeln vorgenommen:

[7384]	· 6[9]2	
36		} Zwischenresultate
72		
27		
63		
66456		2. Teilprodukt

Durch Multiplikation der Multiplikatorziffer mit den Ziffern des Multiplikanden ergeben sich Zwischenresultate, die höchstens zweistellig sind, also sämtlich aus dem kleinen Einmaleins stammen. Die Zehnerstelle des einen Zwischenresultats ist zur Einerstelle des folgenden zu addieren. Bei dieser Addition kann ein Übertrag von 1 auftreten, der in der nächsthöheren Stelle zu berücksichtigen ist. Beim schriftlichen Rechnen verzichtet man auf das Ausschreiben der Zwischenresultate.
In der Multiplizierschaltung des Rechenwerks finden wir jedoch die einzelnen Schritte wieder.

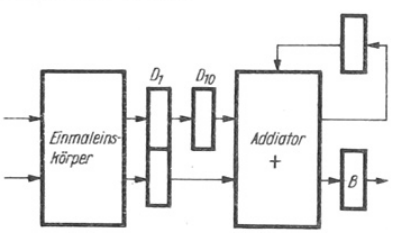


Abbildung 7
Multiplizierschaltung

Nach Bildung der Zwischenresultate im Einmaleinskörper werden die Einer- und die Zehnerstelle getrennt in je einem Register (D_1) zwischengespeichert. Beim nächsten Takt gelangt die Einerstelle in einen Addiator; die Zehnerstelle wird durch das Register D_{10} einen Takt verzögert, um im kommenden Takt zur Einerstelle des folgenden Zwischenergebnisses addiert zu werden. Ist ein Teilprodukt gebildet, das Rechenwerk bekommt diese Information durch die Wortmarke des Multiplikanden, schließt sich die Bildung des nächsten Teilprodukts an.
Bei der Aufgabe 7384 · 692 erscheinen am Ausgang der Multiplizierschaltung (Register B) nacheinander die Ziffern aller Teilprodukte.

→ 4 - 4 - 3 - 0 - 4 - 6 - 6 - 4 - 5 - 6 - 1 - 4 - 7 - 6 - 8 →

3.3.3. Der Ablauf der Multiplikation

Die Teilprodukte müssen stellenrichtig zueinander addiert werden. Hierzu arbeitet die Multiplizierschaltung mit dem Hauptaddiator zusammen.

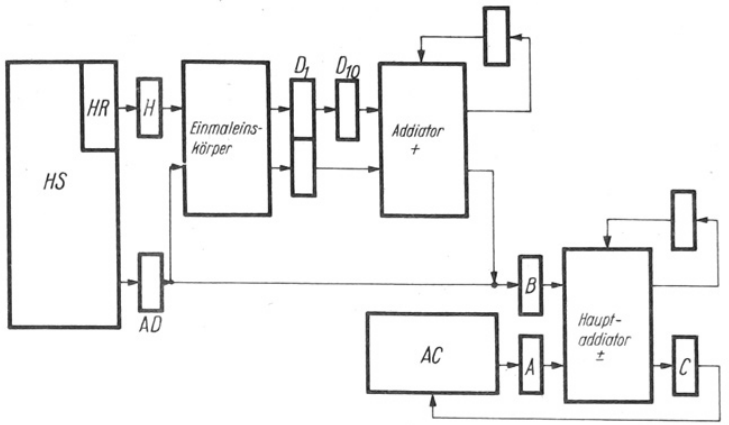


Abbildung 8
Baugruppen des Rechenwerks für Addition, Subtraktion und Multiplikation

Die jeweilige Multiplikatorziffer wird einem Register H, dem Eingangsregister des Einmaleinskörpers, aus einem besonderen Teil des Hauptspeichers (HR) zur Verfügung gestellt. Über das Register AD (Lese- und Schreibregister des Hauptspeichers) kommen die Multiplikandenziffern in die Multiplizierschaltung.
Die Teilprodukte gelangen über das Register B in den Hauptaddiator. Durch stellenrichtige Addition entsteht das Produkt im Akkumulator. Von dort kann es in den Hauptspeicher zurücktransportiert werden.
Die Multiplizierschaltung ermöglicht eine wesentlich schnellere Multiplikation als dies mit der Methode der fortgesetzten Addition des Multiplikanden möglich wäre.

3.4. Das Zusammenwirken der Einzelschaltungen bei der Division

Die Ausführung von Divisionsaufgaben erfordert folgende Rechenschritte:

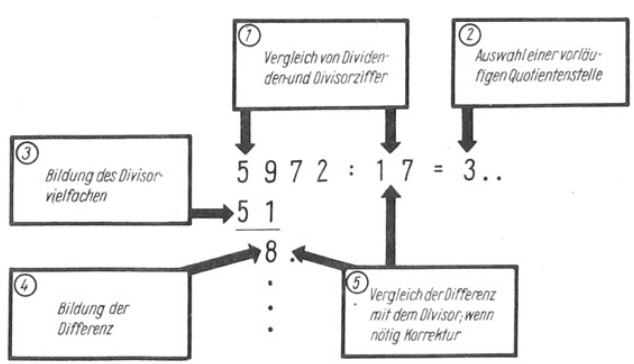


Abbildung 9
Rechenschritte bei der Division

Die den Schritten entsprechenden Schaltungen sind im Rechenwerk wiederzufinden. Die Arbeitsgänge 3 und 4 können die behandelten Baugruppen übernehmen. Für die Vergleiche und die Vielfachauswahl muß das Rechenwerk noch erweitert werden.

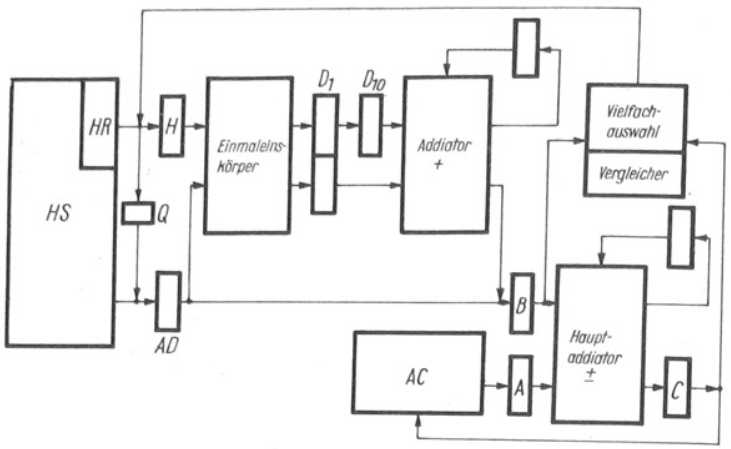


Abbildung 10
Aufbau des Rechenwerks für die vier Grundrechenarten

Vergleicher sind Schaltungen, die ein über Register B laufendes Wort mit einem über das Register C laufenden vergleichen können.

Die Vielfachauswahl dient in Verbindung mit der Multiplizierschaltung zur Beschleunigung der Division. Die höchsten Stellen von Dividendenrest und Multiplikator werden miteinander verglichen und der zu erwartende Quotient abgeschätzt.
In Abbildung 9 sind die Stellen 5 und 1 zu vergleichen. In Abhängigkeit von den auf 5 und 1 folgenden Ziffern kann der Quotient 2, 3, 4 oder 5 sein. Alle anderen Zahlen scheiden von vornherein aus. Die Vielfachauswahl wählt aus den möglichen Quotienten als vorläufiges Ergebnis dasjenige aus, bei dem nur wenige Korrekturadditionen oder -subtraktionen zum richtigen Ergebnis führen.
Vor Beginn der Rechnung steht der Divisor im Hauptspeicher. Der Dividend wird in den Akkumulator übertragen, denn von ihm sind die in der Multiplizierschaltung gebildeten Teilprodukte zu subtrahieren. Der Quotient ist nach beendeter Rechnung im Hilfsregister HR des Hauptspeichers zu finden, nachdem die einzelnen Quotientenziffern im Quotientenregister Q bei den Korrekturumläufen entsprechend verändert wurden.

4. Abschließende Bemerkungen

Mit dem beschriebenen Rechenwerkaufbau können alle rationalen Rechenoperationen ausgeführt werden. Ein logisches Rechenwerk führt darüber hinaus bestimmte logische Operationen auch alphanumerisch aus.

Die Multiplizierschaltung und die Vielfachauswahl ermöglichen trotz serien-paralleler und dezimaler Verarbeitung relativ kurze Rechenzeiten.

Operationszeiten in ms

(10stellige Operanden)

	Festkomma	Gleitkomma
Addition/Subtraktion	0,23	0,73
Multiplikation	1,46	1,91
Division	4,06	7,10

LEKTION 9

LEKTION

10

Der Hauptspeicher und das Steuerwerk

1. Einleitung

2. Der Hauptspeicher

2.1. Die Aufgaben des Hauptspeichers
2.2. Die Funktionsgruppen des Hauptspeichers
2.3. Die physikalischen Grundlagen des Speichervorgangs
2.3.1. Die Informationsspeicherung im Ferritkern
2.3.2. Das Koinzidenzprinzip
2.3.3. Das Erkennen des Speicherinhalts
2.4. Der Aufbau des Hauptspeichers
2.4.1. Die Darstellung von binären Zuständen im Hauptspeicher
2.4.2. Der Lese-Schreib-Vorgang

3. Das Steuerwerk
3.1. Die Aufgaben des Steuerwerks
3.2. Die Befehle und der Befehlsaufbau
3.3. Der Aufbau des Steuerwerks

1. Einleitung

Mit dem Hauptspeicher und dem Steuerwerk schließen wir die Darstellung der Zentraleinheit der Datenverarbeitungsanlage Robotron 300 ab.
In der Lektion 6 wurden einige Prinzipien der Informationsspeicherung beschrieben, die sich im wesentlichen auf bistabile elektronische Schaltungen konzentrierten. In dieser Lektion gehen wir auf den Magnetkernspeicher ein, der im allgemeinen als Speicher für große Datenmengen verwendet wird.
Das Steuerwerk übernimmt entsprechend dem im Hauptspeicher vorhandenen Programm die Ablaufsteuerung der gesamten Eingabe-, Verarbeitungs- und Ausgabeprozesse.

2. Der Hauptspeicher

2.1. Die Aufgaben des Hauptspeichers

Der Hauptspeicher ist der eigentliche Arbeitsspeicher einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage, er steht mit dem Rechenwerk und dem Steuerwerk in direkter Verbindung. Er nimmt die Daten auf, die häufig und schnell während der Programmabarbeitung benötigt werden, wie Ausgangsdaten, Zwischen- und Endergebnisse sowie Befehle.

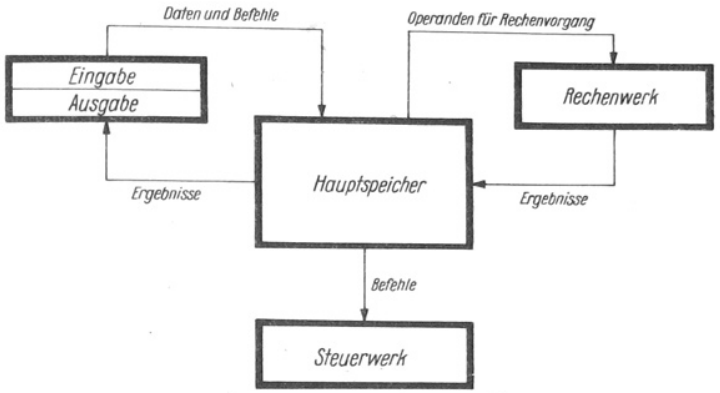


Abbildung 1
Datentransporte während der Bearbeitung eines Programms

Der Hauptspeicher einer modernen Datenverarbeitungsanlage soll möglichst groß sein und schnell arbeiten. Sein Fassungsvermögen für Daten bezeichnet man als Kapazität.

Der Hauptspeicher des Robotron 300 hat eine Kapazität von 40 000 alphanumerischen Zeichen. Er enthält 40 000 Speicherzellen zu je 8 Bit, insgesamt 320 000 Speicherelemente.

Alle im Speicher eingeschriebenen Zeichen müssen bei der Abarbeitung eines Programms in gewünschter, aber mitunter nicht systematischer Reihenfolge entnommen werden können. Jedes Zeichen im Hauptspeicher ist deshalb durch seine Adresse gekennzeichnet. Sie wird durch eine Numerierung der Speicherzellen ausgedrückt. Beim Hauptspeicher des Robotron 300 reicht sie von 00000 bis 39999.

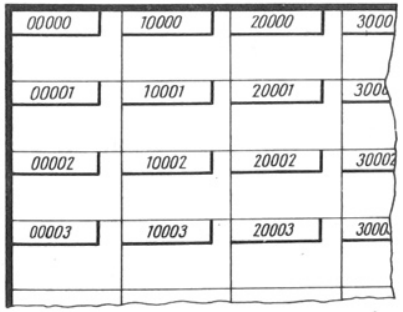


Abbildung 2
Zelleneinteilung des Hauptspeichers

LEKTION 10

Die Hauptspeicheradresse eines Zeichens wird bei der Programmierung festgelegt. Sie wird entweder bei der Eingabe des Programms mit eingegeben oder für Zwischenergebnisse, die während der Rechnung entstehen, nach festgelegten Vorschriften gebildet.
Der interne Aufbau eines Befehls enthält die Adresse im Adressenteil (vgl. Lektion 8).

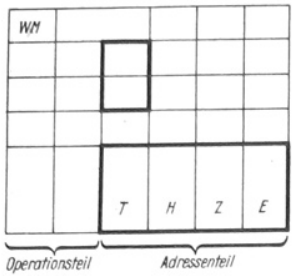


Abbildung 3
Befehlsaufbau bei der EDVA Robotron 300

2.2. Die Funktionsgruppen des Hauptspeichers

Für die Arbeit des Hauptspeichers sind 3 Funktionsgruppen von Bedeutung:

- Die Speicherzellen nehmen die Daten auf.
- Die Adressierungseinrichtung sorgt dafür, daß die richtige Speicherzelle ausgewählt wird.
- Die Lese-Schreib-Einheit übernimmt den Zeichentransport von und zu den ausgewählten Speicherzellen.

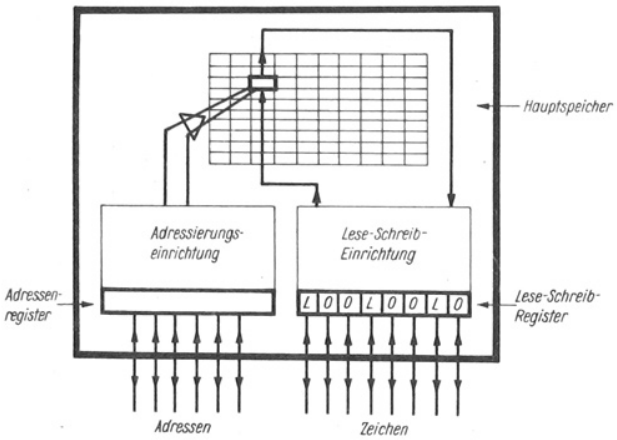


Abbildung 4
Funktionsgruppen des Hauptspeichers

Bei der Eingabe eines Programms sind die Zeichen und die zugehörigen Adressen kombiniert. Beim Beschicken des Speichers werden sie getrennt und über das Lese-Schreib-Register bzw. über das Adressenregister den entsprechenden Einrichtungen zugeführt.

2.3. Die physikalischen Grundlagen des Speichervorgangs

2.3.1. Die Informationsspeicherung im Ferritkern

LEKTION 10

Der Hauptspeicher des Robotron 300 ist ein Ferritkernspeicher. Als Speicherelemente werden gepreßte Ringkerne aus magnetischen Sinterwerkstoffen verwendet.
Dem Speichervorgang liegt das physikalische Prinzip zugrunde: Jeder von elektrischem Strom durchflossene Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben. Die Flußrichtung des Feldes wird von der Stromrichtung bestimmt.

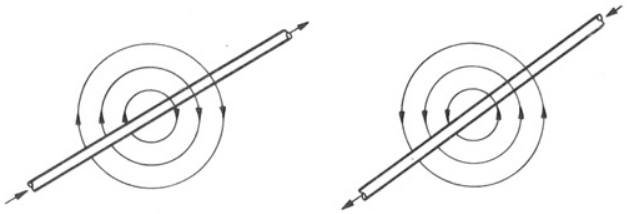


Abbildung 5
Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

Das Magnetfeld des Leiters läßt sich auf magnetisches Material übertragen, in unserem Fall auf die Ferritkerne. Der Magnetisierungsgrad des Kerns hängt von der Stromstärke, die durch den Leiter fließt, ab. Nach dem Abschalten des Stroms verbleibt im Ferritkern ein hoher Restmagnetismus.

Durch einen genügend großen Strom entgegengesetzter Richtung kann dieser Restmagnetismus abgebaut und der Kern in den anderen magnetischen Zustand gebracht werden.
Den Zuständen der Magnetisierung kann man folgende Binärzeichen zuordnen:

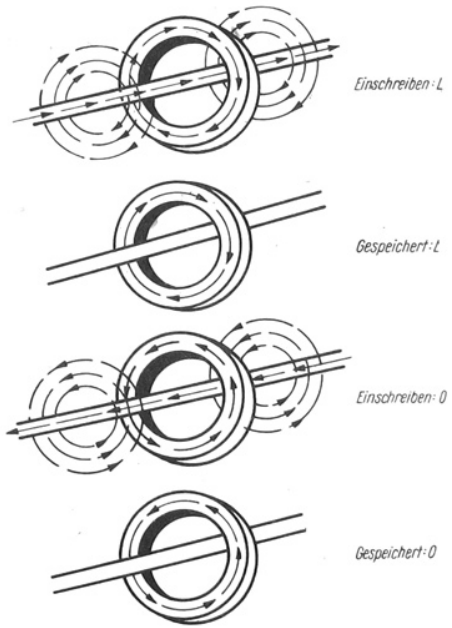


Abbildung 6
Zuordnung von Magnetisierungszustand und Binärzeichen

LEKTION 10

2.3.2. Das Koinzidenzprinzip

Die zum Umschalten eines Ferritkerns nötige magnetische Feldstärke kann nicht nur durch die Wirkung eines stromdurchflossenen Leiters erzeugt werden. Ebenso sind mehrere Teilströme möglich, deren Wirkungen sich addieren.
Praktisch nutzt man das Magnetfeld zweier Leiter aus. Die Art der Kernumschaltung, die durch das gleichzeitige Einwirken zweier Halbströme hervorgerufen wird, nennt man Koinzidenz.

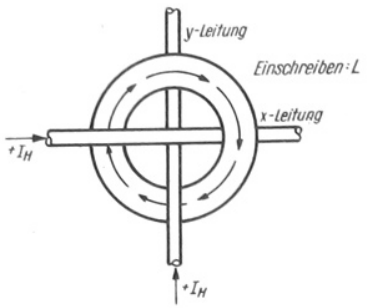


Abbildung 7
Magnetisierung des Ferritkerns durch Halbströme

Jeder der Halbströme I_H ist von einer Größe, die noch keine Umschaltung des Kerns bewirkt. Erst beide Anteile (mit gleicher Stromrichtung) führen zur Änderung des Speicherzustandes.
Die Aufteilung in Halbströme ermöglicht eine leichte Adressierbarkeit der einzelnen Speicherelemente. Bei der üblichen Matrixanordnung werden alle Kerne einer Zeile bzw. Spalte vom gleichen Leiter durchlaufen.

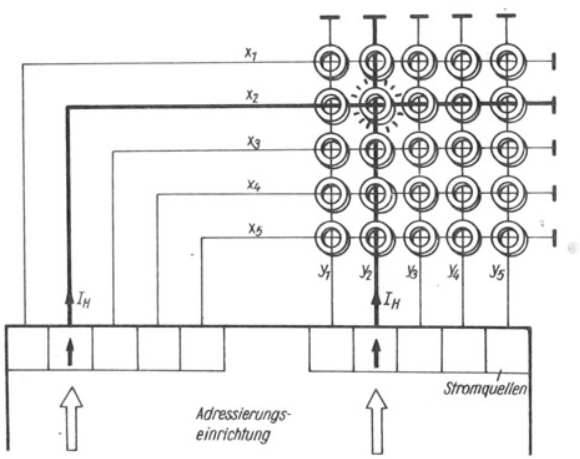


Abbildung 8
Zeilen- und Spaltenleitungen zur Adressierung eines Ferritkerns

Zur Änderung des Speicherzustands wird nur der Kern veranlaßt, in dem sich beide Halbstromleiter kreuzen. Der Inhalt der anderen Speicherelemente bleibt unbeeinflußt.
Die Adressierung eines Speicherelements ist gleichbedeutend mit der Auswahl der entsprechenden Zeilenleitung (x-Leitung) und Spaltenleitung (y-Leitung).

2.3.3. Das Erkennen des Speicherinhalts

LEKTION 10

Das Lesen einer im Ferritkern gespeicherten Information bedeutet, seinen Magnetisierungszustand zu erkennen. Dies ist unter Ausnutzung des Faradayschen Induktionsgesetzes möglich.
Die zeitliche Änderung eines Magnetfeldes in der Umgebung eines Leiters induziert in diesem einen Spannungsimpuls. Der Impuls ist um so stärker, je größer die Änderung des Magnetfeldes in der Zeiteinheit ist. Zum Erkennen des Impulses wird durch den Ferritkern eine Leseleitung gezogen.
In die Zeilen- und Spaltenleitung des Kerns schickt man Halbströme solcher Richtung, als solle das Binärzeichen 0 eingeschrieben werden (vgl. Abbildung 6 und 7). Dabei kommt es je nach dem Magnetisierungszustand des Kerns zu unterschiedlichen Wirkungen in der Leseleitung.

1. Fall:

Im Kern war das Binärzeichen L gespeichert.
Die Halbströme bewirken eine Umkehr der Magnetisierungsrichtung im Ferritkern. Die Änderung des Magnetfeldes führt zu einem starken Impuls in der Leseleitung.

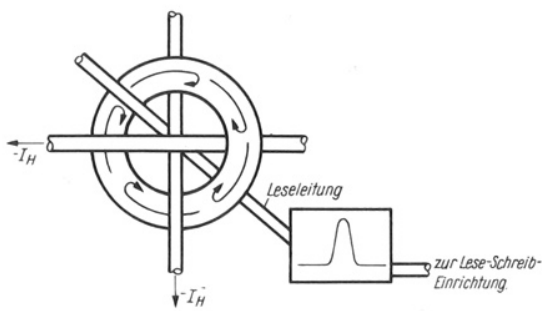


Abbildung 9
Erkennen eines gespeicherten L

2. Fall:

Im Kern war das Binärzeichen 0 gespeichert.
Die Halbströme erhalten die Magnetisierungsrichtung. Es entsteht nur ein sehr geringer Impuls in der Leseleitung.

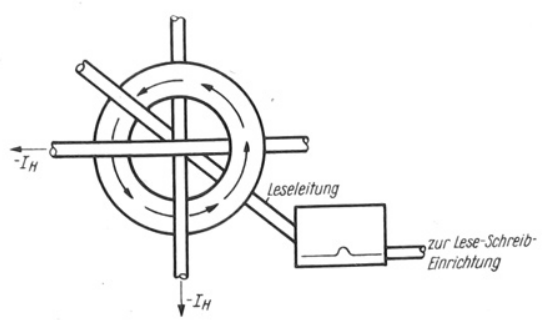


Abbildung 10
Erkennen einer gespeicherten 0

Durch die beiden unterschiedlichen Impulsstärken in der Leseleitung ist die Möglichkeit zur Unterscheidung der gespeicherten Binärzeichen 0 und L gegeben. In jedem Fall hat aber der Ferritkern nach dem Lese-

vorgang den Speicherzustand 0, das heißt, ein eingeschriebenes L wird beim Lesen zerstört.

2.4. Der Aufbau des Hauptspeichers

2.4.1. Die Darstellung von binären Zuständen im Hauptspeicher

In der Datenverarbeitungsanlage Robotron 300 wird ein Zeichen durch 8 Bit dargestellt. Eine Speicherzelle zur Aufnahme eines Zeichens besteht aus 8 Ferritkernen, die alle einer anderen Matrix angehören.
Durch die Adresse einer Speicherzelle müssen alle 8 Kerne gleichzeitig angesprochen werden. Zu diesem Zweck sind die Zeilen- und Spaltenleitungen so durch die 8 Matrix-Ebenen geführt, daß sich gleiche Leitungen stets in derselben Speicherzelle kreuzen.

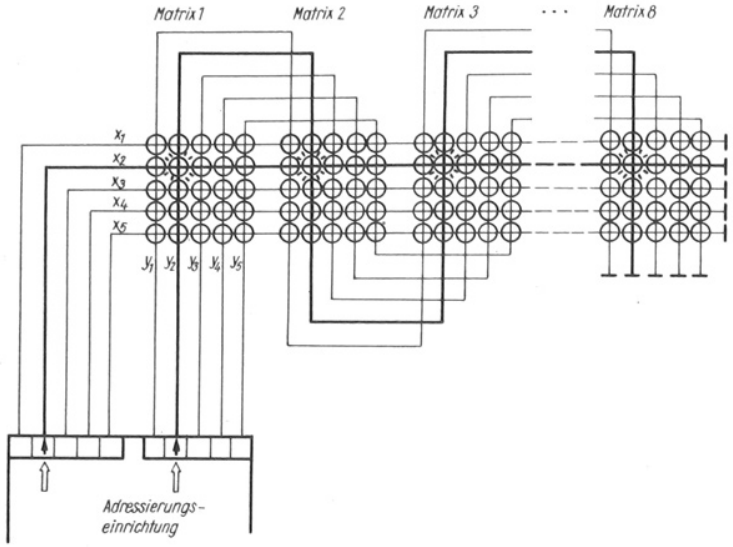


Abbildung 11
Adressierung aller Ferritkerne einer Speicherzelle

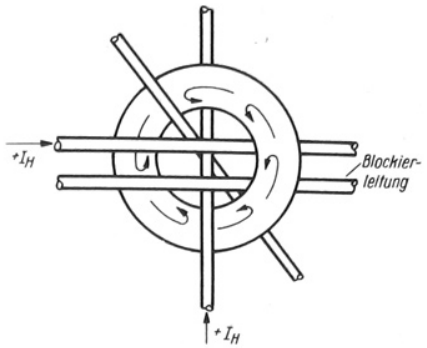
Die Halbströme wirken auf alle 8 Kerne einer Speicherzelle. Bei den dargelegten Prinzipien für das Einschreiben von Informationen kann man durch die in Abbildung 11 gezeichnete Anordnung entweder in alle Kerne einer Zelle die Information L oder die Information 0 einbringen.
Jedes Zeichen besteht aber aus Kombinationen von 0 und L. Gehen wir von der Annahme aus, daß sich vor Beginn des Schreibvorgangs alle 8 Kerne im Zustand 0 befinden. Durch positive Halbströme würde man alle Kerne auf L stellen. Diese Umschaltung verhindert man in den Kernen, die die Information 0 behalten sollen. Dazu ist durch alle Kerne einer Matrix eine Blockierleitung gezogen.

1. Fall:

Die Blockierleitung ist stromlos. Die beiden Halbströme I_H können den Kern in den Zustand L schalten.

2. Fall:

Die Blockierleitung führt einen Strom $-I_H$, der die Wirkung des Stromes $+I_H$ in der Zeilenleitung aufhebt. Der Halbstrom $+I_H$ in der Spaltenleitung



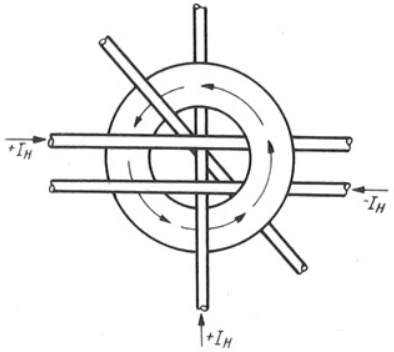


Abbildung 12
Wirksamwerden beider Halbströme

Abbildung 13
Blockierung eines Halbstroms

kann allein die Magnetisierungsrichtung nicht ändern. Der Kern verbleibt im Zustand 0.

Die Steuerung der Blockierleitungen übernimmt eine Blockierungseinrichtung, sie ist Bestandteil der Lese-Schreib-Einrichtung.

2.4.2. Der Lese-Schreib-Vorgang

Beim Lesevorgang wird von der Adressierungseinrichtung auf die Zeilen- und Spaltenleitungen ein solcher Strom gegeben, der alle Kerne in den Zustand 0 überführt. Dabei wird in den Leseleitungen L_1 bis L_8 nur dann ein starker Impuls auftreten, wenn der Kern ein L gespeichert hatte. Über den Leseverstärker gelangen die Impulse in das Register HS.
Der Inhalt der Speicherzelle ist nun gelöscht. Die im Hauptspeicher befindlichen Daten sollen jedoch beliebig oft für einen Abruf zur Verfügung stehen. Hierzu leitet die Umlaufsteuerung des Hauptspeichers nach dem Lesen sofort wieder einen Schreibvorgang ein, der das Zeichen aus dem Register HS über die Blockierungseinrichtung in die Speicherzelle zurückschreibt. Zusätzlich erfolgt die Übertragung von HS in das Register AD (vgl. Lektion 9), wo die gelesene Information dem Rechenwerk zur Verfügung steht.
Der Schreibvorgang, die Übertragung eines Zeichens aus dem Rechenwerk in den Hauptspeicher, beginnt ebenfalls mit einem Lesevorgang, der in der adressierten Zelle die eingeschriebene Information löscht. Hierbei entfällt das Wiedereinschreiben des gelesenen Zeichens zugunsten des Neueinschreibens über das Register HS. Der Lese-Schreib-Zyklus nimmt eine

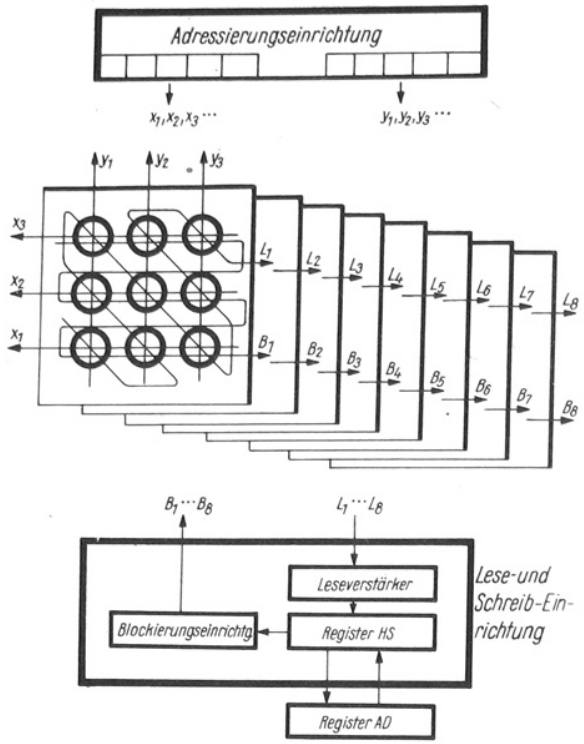


Abbildung 14
Zusammenwirken der Funktionsgruppen des Hauptspeichers

gewisse Zeit in Anspruch. Die Zykluszeit des Hauptspeichers ist mitbestimmend für die Arbeitsgeschwindigkeit der gesamten Anlage.

Beim Robotron 300 beträgt diese Zykluszeit 10 μs. Sie teilt sich in 5 μs für den "Zugriff" zu einem gespeicherten Zeichen und weiteren 5 μs für den Schreibvorgang.

3. Das Steuerwerk

3.1. Die Aufgaben des Steuerwerks

Das Steuerwerk einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage steuert den Rechenablauf nach dem vom Programmierer angefertigten und im Hauptspeicher abgespeicherten Programm. Befehle werden durch das Steuerwerk in Anweisungen umgewandelt, zum Beispiel

Operationen, die das Rechenwerk auszuführen hat,
Datentransporte, die innerhalb der Anlage vorzunehmen sind, oder
Auswahl der Geräte, die die Ein- bzw. Ausgabe der Daten zu übernehmen haben.

Die Aufgaben des Steuerwerks umfassen:

Befehlsaufruf

Die Befehle sind entsprechend der im Programm vorgesehenen Reihenfolge aus dem Hauptspeicher aufzurufen.

Befehlsentschlüsselung

Aus den Befehlen ist die Art der Operation zu ermitteln und die Auswahl der beteiligten Geräte vorzunehmen.

Ablaufsteuerung der Operation

Steuerung des zeitlichen Ablaufs einer Operation vom Operationsanfang bis zum Operationsende (die Zeit ist abhängig von der Anzahl zu übertragender Zeichen).

Für jeden Befehl müssen diese Phasen erneut durchlaufen werden. Den Ablauf in der richtigen Reihenfolge steuert die "zentrale Steuerschleife".

In die Befehlsabarbeitung werden verschiedene Register (Zwischenspeichereinrichtungen) einbezogen:

Der Befehlszähler

Der Befehlszähler ist ein Register für die Aufnahme der Dezimalzahlen 00000 bis 39999. Er liefert zu jedem Befehlsaufruf die programmgemäß richtige Adresse.

Das Befehlsregister

Das Befehlsregister nimmt das Befehlswort nach seinem Aufruf aus dem Hauptspeicher auf und stellt es für den weiteren Ablauf des Befehlszyklus bereit. Im Befehlsentschlüsseler werden entsprechend dem Inhalt des Befehlsregisters die Spannungen gebildet, die den zur Ausführung des Befehls erforderlichen elektronischen Bereich der Anlage in Bereitschaft versetzen.

3.2. Die Befehle und der Befehlsaufbau

Um aus Eingabedaten die gewünschten Ausgabedaten zu erhalten, sind unterschiedliche Operationen notwendig, die in Befehlen erfaßt werden müssen. In der Befehlsliste sind die möglichen Befehle eines Anlagentyps zusammengefaßt. Man kann sie in 4 Hauptgruppen gliedern:

Transportbefehle

Hierzu gehören Transporte innerhalb der Zentraleinheit (z. B. zwischen Hauptspeicher und Akkumulator), Transporte zwischen Hauptspeicher und externen Speichergeräten, Transporte von und zu den Ein- und Ausgabegeräten.

Einfache arithmetische und logische Befehle

Hierzu gehören Addition und Subtraktion in Fest- und Gleitkommadarstellung, Betragsbildung.

Höhere arithmetische Befehle

Hierzu gehören Multiplikation und Division in Fest- und Gleitkommadarstellung.

Sprung- und Vergleichsbefehle

Diese Befehlsgruppe ist von besonderer Bedeutung für die Abarbeitung von verzweigten Programmen. Hierzu gehören bedingte und unbedingte Sprünge, numerische und alphanumerische Vergleiche.

Im Zusammenhang mit der Arbeitsweise des Steuerwerks wollen wir die Sprungbefehle näher erläutern. Dazu ist ein Vorgriff auf einige programm-

LEKTION 10

technische Grundbegriffe notwendig, die in späteren Lektionen ausführlich behandelt werden.
Je nach der zu bearbeitenden Aufgabe hat das Programm (und damit die Befehlsfolge) eine bestimmte Struktur. Im einfachsten Fall wird jeder Programmschritt genau einmal durchlaufen, die Gesamtzahl der Arbeitsschritte entspricht der Anzahl der Befehle.
Viel häufiger sind Programme mit Verzweigungen. Der Verarbeitungsablauf hängt hierbei von vorher nicht eindeutig bestimmbaren Anfangswerten oder Zwischenergebnissen ab. Die Wahl des Programmzweiges, der für die weitere Rechnung beschritten werden soll, erfolgt durch vorbereitete bedingte oder unbedingte Entscheidungen.

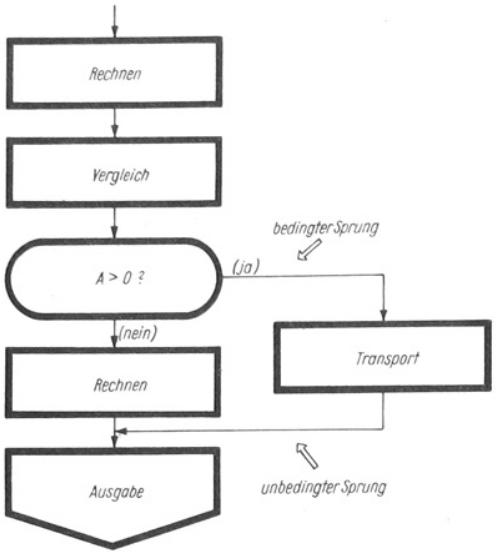


Abbildung 15
Prinzip eines verzweigten Programms

Die Aussage eines Vergleichsbefehls (im Beispiel A > 0 ?) steht für die Ableitung einer Alternativentscheidung zur Verfügung. Sie führt bei erfüllter Sprungbedingung (A > 0) durch einen Sprungbefehl zur Programmverzweigung. Damit wird der normale Programmablauf unterbrochen.

Der Sprung in die Verzweigung kommt nur zustande, wenn eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Man spricht deshalb vom bedingten Sprung.

In dem nun eingeschlagenen Programmzweig erfolgen wiederum durch Befehle vorbereitete Operationen. Der Ablauf erfolgt bis zu der Stelle, von der ein Rücksprung in den ursprünglichen Programmzweig vorgesehen ist. Der Rücksprung ist nicht von erfüllten Bedingungen abhängig. Er wird durch einen unbedingten Sprung realisiert.

Ein Befehl besteht aus zwei Teilen: dem Operationsteil (aus ihm wird ersichtlich, was durch den Befehl bewirkt werden soll) und dem Adressenteil (aus ihm ist ersichtlich, wo der entsprechende Operand im Hauptspeicher steht).

Die Adresse im Befehl, die Operandenadresse, nennt man innere Adresse. Der Befehl selbst ist im Hauptspeicher unter einer anderen

Abbildung 16
Schematischer Befehlsaufbau

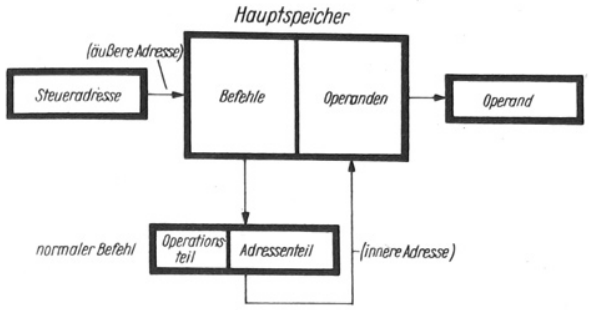


Abbildung 17
Befehlsaufruf und Datenaufruf bei normalem Programmablauf

Adresse zu finden. Man nennt sie Steueradresse, auch äußere Adresse.
Die Steueradresse des ersten Befehls eines Programms wird dem Steuerwerk über den Bedientisch mitgeteilt. Die Adresse des nächsten Befehls muß das Steuerwerk automatisch bilden. Dazu erhöht bei normaler Befehlsfolge ein Befehlszähler die Adressennummer des vorangegangenen Befehls um 6, weil jeder Befehl 6 Zeichen umfaßt (vgl. Lektion 8). Voraussetzung für diese Arbeitsweise ist die Speicherung aufeinanderfolgender Befehle in aufeinanderfolgenden Speicherplätzen.
Für den in Abbildung 15 gezeichneten Ablaufplan haben die Befehle bei nicht erfüllter Sprungbedingung folgende Steueradressen:

Befehl	Steueradresse
Rechenbefehl	7786
Vergleichsbefehl	7792
bedingter Sprungbefehl	7798
Rechenbefehl	7804
Ausgabebefehl	7810

Bei erfüllter Sprungbedingung wird die normale Befehlsfolge unterbrochen. Hier erfolgt ein Absprung in eine Befehlsfolge, die in einem anderen Teil des Hauptspeichers untergebracht ist. Der Sprungbefehl liefert mit seiner Adresse keinen Operanden, sondern die Steueradresse des nächsten Befehls.

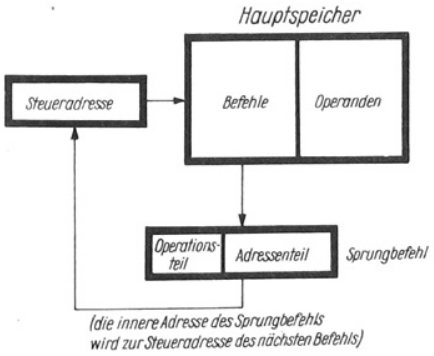


Abbildung 18
Befehlsaufruf bei Sprungbefehlen

Die Befehlsfolge bei erfüllter Sprungbedingung könnte folgendermaßen aussehen:

Befehl	Steueradresse
Rechenbefehl	7786
Vergleichsbefehl	7792
bedingter Sprungbefehl	7798
Transportbefehl	4020 (Absprung)
unbedingter Sprungbefehl	4026
Ausgabebefehl	7810 (Rücksprung)

3.3. Der Aufbau des Steuerwerks

Die Abarbeitung eines jeden Befehls im Steuerwerk geschieht in einem sich ständig wiederholenden Zyklus, ausgedrückt durch die zentrale Steuerschleife.

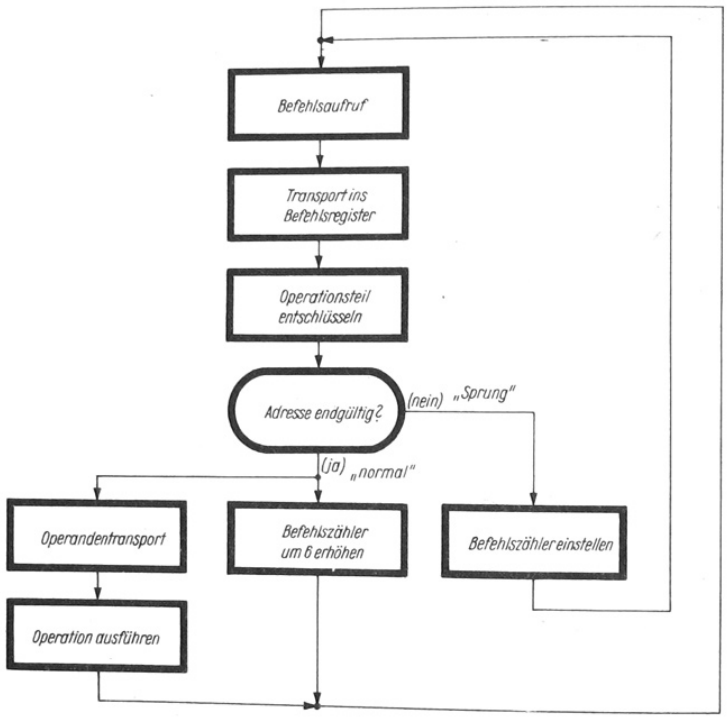


Abbildung 19
Zentrale Steuerschleife

Der Aufbau des Steuerwerks berücksichtigt diesen Zyklus. Für die Dauer seiner Ausführung wird der Befehl in ein spezielles Register, das Befehlsregister gebracht. Entsprechend dem Befehlsaufbau gliedert sich dieses Register in das Operationsregister und das Adreßregister.

Im Operationsregister wird über Umsetzerschaltungen die Operationsart entschlüsselt, wobei durch Steuerspannungen die Verbindung zwischen den entsprechenden Teilen der Zentraleinheit oder mit den Geräten der 1. Peripherie hergestellt wird. Außerdem werden die beteiligten Aggregate auf die Operation eingestellt und der Vorgang ausgelöst.

Über das Adreßregister wird die Auswahl der benötigten Operanden besorgt.

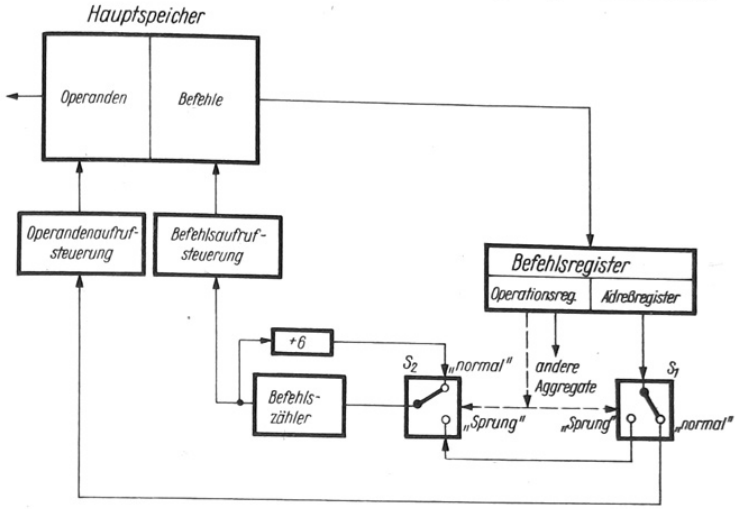


Abbildung 20
Schematischer Aufbau des Steuerwerks

Das Operationsregister liefert die Information, ob ein normaler Befehl oder ein Sprungbefehl vorliegt.

Bei einem normalen Befehl wird der Aufruf des benötigten Operanden vollzogen. Gleichzeitig wird die im Befehlszähler eingetragene Adresse durch eine spezielle Schaltung um 6 erhöht. Damit steht die Adresse des folgenden Befehls bereit. Nach vollzogener Operation wird dieser über die Befehlsaufrufsteuerung aus dem Hauptspeicher in das Befehlsregister übertragen.

Liegt ein Sprungbefehl vor, werden die Schalter S_1 und S_2 umgeschaltet. Die Adresse des im Befehlsregister befindlichen Befehls gelangt in den Befehlszähler und stellt diesen neu ein. Dadurch wird im Hauptspeicher der neue Programmzweig aufgefunden und bis zum Auftreten des nächsten Sprungbefehls normal abgearbeitet.

Mitteilung

für die Teilnehmer
am Fernsehkurs
"Elektronische
Datenverarbeitung"

Aus technischen Gründen erscheint der Themenkomplex 3, der insgesamt 7 Lektionen umfaßt, in zwei Teilen. Die zweite Broschüre dieses Themenkomplexes behandelt folgende Thematik:

LEKTION 11

Die Geräte zur Ein- und Ausgabe von Daten (I)

1. Einleitung
2. Der Datenfluß in der EDV-Anlage Robotron 300
3. Die Codierung
4. Die Geräte für die Ein- und Ausgabe von Lochkarten
5. Die Geräte für die Ein- und Ausgabe von Lochband
6. Die weitere Entwicklung von Dateneingabegeräten

LEKTION 12

Die Geräte zur Ein- und Ausgabe von Daten (II)

1. Einleitung
2. Der Schnelldrucker
3. Die Geräte zur Datenübertragung
4. Die Puffer
5. Der Coordinatograph
6. Die weitere Entwicklung von Datenausgabegeräten

LEKTION 13

Die externen Speichergeräte

1. Einleitung
2. Die Magnetbandspeicher
3. Die Zusatzspeicher

LEKTION 14

Ablauf der Programmabarbeitung auf einer EDV-Anlage

1. Einleitung
2. Formulierung der Aufgabe
3. Aufstellen des Programms
4. Herstellen des Datenträgers
5. Eingabe des Programms in die EDV-Anlage
6. Befehlsabarbeitung und Ergebnisausgabe

Sollte es Ihnen nicht möglich sein, die für das ergänzende Studium empfohlene Fachliteratur im Buchhandel zu beschaffen, wenden Sie sich bitte an Ihre Betriebs- oder Gewerkschaftsbibliothek sowie an die wissenschaftlichen Fachbibliotheken, die Ihnen das Gewünschte gern ausleihen werden.

Verlag Die Wirtschaft Berlin

Beiträge zum System von Rechnungsführung und Statistik im Handel

Einführung in das System Leistungsrechnung Grundmittel- und Investitionsrechnung Arbeitskräfterechnung

von einem Autorenkollektiv unter Leitung von
Prof. Dr. habil. Günter Hennig

256 Seiten · Broschur · 8,00 M

Durch die erhöhte Verantwortung der Betriebe und die Durchsetzung der Prinzipien der Eigenerwirtschaftung der Mittel gewinnt die vorliegende Broschüre an Aktualität und Bedeutung. Die Autoren haben es verstanden, den Systemcharakter von Rechnungsführung und Statistik darzulegen. Sie behandeln die Probleme umfassend und für einen breiten Leserkreis leicht verständlich. Als Teilgebiete aus der Disziplin Rechnungsführung und Statistik werden die Leistungsrechnung, Grundmittel- und Investitionsrechnung, Arbeitsmittel- und Arbeitskräfterechnung untersucht und erläutert. Neben den theoretischen Grundlagen der einzelnen Rechnungsarten findet der Leser viele Zahlenbeispiele aus der Praxis.

VERLAG
DIE WIRTSCHAFT
BERLIN

Beiträge zum System von Rechnungsführung und Statistik im Handel

Kostenrechnung im Binnenhandel aus betriebswirtschaftlicher Sicht

von Prof. Dr. habil. Günter Hennig
und Prof. Dr. habil. Gerhard Reinecke

184 Seiten · Broschur · 6,80 M

Die Broschüre ist eine Einführung in die Probleme der Kostenrechnung sozialistischer Binnenhandelsbetriebe, wobei neben den bisher angewandten Verfahren vor allem die künftigen Schwerpunkte der betriebswirtschaftlichen Arbeit im Mittelpunkt stehen. Neben den Grundlagen der Kostenrechnung (Kostenbegriff, Kostenabgrenzung, Bestimmungsfaktoren) werden grundsätzliche Fragen der Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung behandelt sowie die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Kalkulation im Handelsbetrieb und Wege zur Kostenanalyse aufgezeigt.

VERLAG
DIE WIRTSCHAFT
BERLIN

Hinweis

für die Teilnehmer
am Fernsehkurs
"Elektronische
Datenverarbeitung"

Nach Abschluß des 1. Teiles des Fernsehkurses ist die Möglichkeit gegeben, an Betriebsakademien und Volkshochschulen eine Prüfung abzulegen. Nach erfolgreicher Prüfung wird von der Prüfungsinstitution eine Bestätigung ausgegeben.
Ab Mai 1970 wird die Prüfung auf der Grundlage einer zentralen Prüfungsordnung abgenommen. Konkrete Terminfestlegungen erfolgen durch die jeweilige Prüfungsinstitution.

Auf untenstehendem Vordruck ist eine Anmeldung bei einer Betriebsakademie oder Volkshochschule bis 15. 9. 1969 möglich.

Anmeldung

An die Volkshochschule/Betriebsakademie

Ich möchte mich zur Teilnahme an der Prüfung zum Fernsehkurs "Elektronische Datenverarbeitung (Teil I)" anmelden.

Name _____ Vorname _____ geb. am _____

Wohnort _____

Straße _____

Tätigkeit _____

Betrieb/Institution _____

Unterschrift _____